

---

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA E MÁQUINAS**

GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS

ENERXÍA E PROPULSIÓN

---

TRABALLO FIN DE GRAO

**TFG/GTM/E-11-17**

QUE LEVA POR TÍTULO

**“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA  
DOCE NUN BUQUE LNG DE  
PROPULSIÓN MEGI”**

---

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL NA SESIÓN DE

SETEMBRO - 2017

ALBERTO CARRIL VIDAL

DIRECTOR: Manuel Romero Gómez

---



## **TRABALLO FIN DE GRAO**

# **ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS**

**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**

**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

631G02460 - TRABALLO FIN DE GRAO

D. MANUEL ROMERO GÓMEZ, en calidade de Director, autorizo ao alumno D. ALBERTO CARRIL VIDAL, con DNI nº 78.806.976-Y á presentación do presente Traballo de Fin de Grao co código titulado:

**“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN  
BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL NA SESIÓN DE

**SETEMBRO-2017**

Fdo. O Director

Fdo. O Alumno

Manuel Romero Gómez

Alberto Carril Vidal





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA E MÁQUINAS

# ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS

**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

631G02460 - TRABALLO FIN DE GRAO

## CONVOCATORIA DE

☐ DECEMBRO   ☐ FEBREIRO   ☐ XUÑO   ☐ XULLO   ☐ SETEMBRO

D. ....

DNI. ....

Deposita na Secretaría da E.T.S. de Náutica e Máquinas dúas (2) copias en papel e catro (4) en formato dixital (CD) do **Traballo Fin de Grao TFG/GTM/E-11-17**

Igualmente autoriza expresamente á E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS a publicalos electronicamente no repositorio da Universidade da Coruña se así o considera ou no seu caso na Biblioteca do Centro para uso docente e consulta.

Na Coruña a .... de Setembro do 2017

Fdo. O Alumno

**A/A. BIBLIOTECA DA ETS DE NÁUTICA E MÁQUINAS**



## **AGRADECEMENTOS**

Antes de máis, quixera expresar o meu máis sincero agradecemento a todas aquelas persoas que coa súa axuda colaboraron na realización do presente traballo, en especial a todos os meus seres queridos, por apoiarme durante estes últimos anos, pois sen eles isto sería un rotundo imposible.

Tamén quero dar as grazas aos meus compañeiros de clase, algún deles verdadeiros irmáns que me axudaron durante esta etapa, sempre de forma desinteresada. Quero darlle as grazas a estes amigos, pois son un grande agasallo que me fixo esta escola, e sempre van estar no meu corazón.

Quero agradecer ademais ao meu titor D. Manuel Romero Gómez, por estar sempre disposto a atenderme e a facerme dar o mellor de min. Non me esquezo de agradecer tamén aos profesores que me axudaron, non só con este traballo, senón ao longo de todo este camiño.

A todos vos, moitas grazas.





## **RESUMO**

O presente traballo consiste nunha mellora no sistema de xeración de auga doce para realizar en buques LNG de propulsión MEGI.

Neste tipo de buque só existe a posibilidade de xerar auga doce durante a navegación. O que se pretende realizar é o perfeccionamento da instalación do xerador de auga doce da banda de estribor, para que así teña dous modos de funcionamento: “Modo Fondeo” e “Modo Navegación”.

Con esta solución, o buque será apto para xerar auga doce baixo calquera circunstancia e para isto non será necesario ningún aporte de enerxía adicional, pois aproveitaranse calores residuais e, por conseguinte, non se aumentará o nivel de contaminación. Tampouco precisará de ningún tipo de mantemento e contará cunha regulación sinxela e intuitiva para o persoal de a bordo, similar a calquera instalación de xeradores de auga doce.

O traballo consiste, por tanto, no deseño dun novo sistema que permita levar a cabo tal propósito e demostrar que é factible, e contando cun orzamento económico.



# **“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

---

## **INDICE XERAL**

---



**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**  
**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR NÁUTICA E MÁQUINAS**

DATA: Setembro 2017

AUTOR: Alberto Carril Vidal

Fdo.: Alberto Carril Vidal



## ÍNDICE XERAL

MEMORIA.....	19
PREGO DE CONDICIÓNS.....	97
PLANOS.....	115
CÁLCULOS.....	133
ORZAMENTO.....	137

## ÍNDICE XERAL

<b>MEMORIA.....</b>	<b>19</b>
1 OBXECTIVO.....	23
1.1 Obxectivo.....	23
1.2 Xustificación .....	23
2 ALCANCE .....	25
3 MOTIVACIÓN.....	26
4 ANTECEDENTES .....	27
5 CARACTERÍSTICAS DO TIPO DE BUQUE .....	29
5.1 Medidas e datos principais do tipo de buque.....	29
5.2 Buques propulsados por LNG na actualidade .....	30
5.3 Tripulación dun buque LNG e función a bordo .....	34
6 SISTEMA DE ALMACENAMENTO E SUBMINISTRO DE AUGA DOCE .....	36
6.1 Sistema de almacenamento de auga doce.....	36
6.2 Sistema de subministro de auga doce.....	37
7 SISTEMAS DE REFRIXERACIÓN DO BUQUE.....	40
7.1 Sistema central de refrixeración de auga salgada .....	43
7.2 Sistema principal de refrixeración de auga doce centralizado .....	46
7.3 Sistema auxiliar de refrixeración de auga doce centralizado .....	48
7.4 Sistema de refrixeración de auga doce de camisas.....	51
8 CONSUMOS DE AUGA NO BUQUE.....	55
9 FUNCIONAMENTO DO XERADOR DE AUGA DOCE .....	56
9.1 Despece do xerador de auga doce .....	56
9.2 Funcionamento do xerador de auga doce .....	60
9.3 Manipulación do xerador de auga doce.....	62
10 PROPOSTA DE MELLORA.....	64
10.1 Introducción .....	64
10.2 Explicación detallada do circuito hidráulico.....	66
10.3 Nomenclatura para o sistema de válvulas .....	74
10.4 Manipulación do xerador de auga doce tras a instalación do novo sistema .....	75
10.5 Comprobacións previas ao uso do novo sistema .....	79

11	ANÁLISE DOUTRAS POSIBLES SOLUCIÓNS .....	80
11.1	Uso de vapor como fluído calefactor .....	80
11.2	Aproveitamento do calor residual dos gases de escape dos motores auxiliares .....	80
12	CONCLUSIÓNS .....	84
13	NORMAS E REFERENCIAS .....	86
13.1	Disposicións legais e normas aplicadas .....	86
13.2	Bibliografía .....	88
13.3	Software utilizado .....	90
14	DEFINICIÓNS, UNIDADES E ABREVIATURAS.....	91
14.1	Unidades .....	91
14.2	Abreviaturas .....	93
14.3	Definicións.....	95
	<b>PREGO DE CONDICIÓNS.....</b>	<b>97</b>
1	PREGO DE CONDICIÓNS XERAIS .....	101
1.1	Obxectivo .....	101
1.1.1	Mandos e responsabilidade.....	101
1.1.2	Subcontratación .....	102
1.1.3	Regulamentos e normas .....	102
1.1.4	Materiais.....	103
1.1.5	Recepción do material.....	103
1.2	Organización .....	104
1.3	Execución das obras .....	104
1.3.1	Comprobación de replanteo .....	104
1.3.2	Programa de traballo .....	105
1.3.3	Comezo .....	105
1.3.4	Interpretación e desenvolvemento do proxecto .....	105
1.3.5	Contrato .....	106
1.3.6	Responsabilidades .....	106
1.3.7	Prazos de execución .....	107
1.3.8	Modificacións.....	107
1.3.9	Recepción provisional .....	108
1.3.10	Prazo de garantía .....	108

1.3.11	Recepción definitiva .....	108
2	CARACTERÍSTICAS E CALIDADE DE MATERIAIS E EQUIPOS.....	109
2.1	Características xerais da instalación .....	109
2.2	Tubaxes e conexións .....	109
2.3	Válvulas .....	110
2.3.1	Válvulas de tres vías .....	111
2.3.2	Válvula antirretorno .....	111
2.3.3	Válvula reguladora de caudal .....	111
2.4	Elementos de visualización de parámetros de control .....	111
2.4.1	Termómetro.....	111
2.4.2	Caudalímetro.....	111
3	CONDICIÓN DE EXECUCIÓN E MONTAXE .....	112
3.1	Condicións xerais .....	112
3.2	Sala de máquinas.....	112
3.3	Sistema hidráulico .....	113
3.4	Posta en marcha inicial do equipo .....	113
	<b>PLANOS.....</b>	<b>115</b>
	PLANO 1 – Lenda xeral .....	117
	PLANO 2 – Sistema de refrixeración de auga salgada .....	119
	PLANO 3 – Sistema principal de refrixeración de auga doce .....	121
	PLANO 4 – Sistema auxiliar de refrixeración de auga doce .....	123
	PLANO 5 – Sistema de refrixeración de auga doce de camisas.....	125
	PLANO 6 – Resumo da instalación realizada .....	127
	PLANO 7 – Bifurcación – Vista isométrica .....	129
	PLANO 8 – Bifurcación – Vistas e detalle .....	131
	<b>CÁLCULOS.....</b>	<b>133</b>
	<b>ORZAMENTO.....</b>	<b>137</b>



## ÍNDICE DE TÁBOAS E FIGURAS

Figura 5.1.1 - Fotografía do LNG “La Mancha Knutsen” de propulsión MEGI.....	18
Figura 5.2.1 - Diagramas de emisións de distintos combustibles mariños.....	19
Figura 5.2.2 - Zonas ECA actuais e previsión de futuras incorporacións.....	20
Figura 5.2.3 - Fotografía do LNG “Creole Spirit” de propulsión MEGI.....	22
Táboa 7 - Distintos tratamentos de auga de refrixeración coa súa dosaxe.....	30
Figura 9.1.1 - Interior dun xerador de auga doce “Alfa Laval” .....	45
Figura 10.2.1.1 - Detalle da válvula de tres vías.....	55
Figura 10.2.1.2 -Unión en brida para soldar.....	56
Figura 10.2.1.3 - Detalle da válvula antirretorno.....	57
Figura 10.2.2 - Detalle de válvula reguladora de caudal.....	59
Figura 10.2.3.1 - Termómetro bimetálico analóxico.....	61
Figura 10.2.3.2 - Detalle de caudalímetro electromagnético.....	62



# **“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

---

## **MEMORIA**

---



**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**  
**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR NÁUTICA E MÁQUINAS**

DATA: Setembro 2017

AUTOR: Alberto Carril Vidal

Fdo.: Alberto Carril Vidal



## ÍNDICE DA MEMORIA

1	OBXECTIVO .....	23
1.1	Obxectivo.....	23
1.2	Xustificación .....	23
2	ALCANCE .....	25
3	MOTIVACIÓN.....	26
4	ANTECEDENTES .....	27
5	CARACTERÍSTICAS DO TIPO DE BUQUE .....	29
5.1	Medidas e datos principais do tipo de buque .....	29
5.2	Buques propulsados por LNG na actualidade .....	30
5.3	Tripulación dun buque LNG e función a bordo .....	34
6	SISTEMA DE ALMACENAMENTO E SUBMINISTRO DE AUGA DOCE .....	36
6.1	Sistema de almacenamento de auga doce.....	36
6.2	Sistema de subministro de auga doce.....	37
7	SISTEMAS DE REFRIXERACIÓN DO BUQUE.....	40
7.1	Sistema central de refrixeración de auga salgada .....	43
7.2	Sistema principal de refrixeración de auga doce centralizado .....	46
7.3	Sistema auxiliar de refrixeración de auga doce centralizado .....	48
7.4	Sistema de refrixeración de auga doce de camisas.....	51
8	CONSUMOS DE AUGA NO BUQUE.....	55
9	FUNCIONAMENTO DO XERADOR DE AUGA DOCE .....	56
9.1	Despece do xerador de auga doce .....	56
9.2	Funcionamento do xerador de auga doce .....	60
9.3	Manipulación do xerador de auga doce.....	62
10	PROPOSTA DE MELLORA.....	64
10.1	Introdución .....	64
10.2	Explicación detallada do circuito hidráulico.....	66
10.3	Nomenclatura para o sistema de válvulas .....	74
10.4	Manipulación do xerador de auga doce tras a instalación do novo sistema .....	75
10.5	Comprobacións previas ao uso do novo sistema .....	79
11	ANÁLISE DOUTRAS POSIBLES SOLUCIÓN.....	80
11.1	Uso de vapor como fluído calefactor .....	80

11.2 Aproveitamento do calor residual dos gases de escape dos motores auxiliares .....	80
12 CONCLUSIÓNS .....	84
13 NORMAS E REFERENCIAS .....	86
13.1 Disposicións legais e normas aplicadas .....	86
13.2 Bibliografía .....	88
13.3 Software utilizado .....	90
14 DEFINICIÓNS, UNIDADES E ABREVIATURAS.....	91
14.1 Unidades .....	91
14.2 Abreviaturas .....	93
14.3 Definición.....	95

## **1 OBXECTIVO**

### **1.1 Obxectivo**

O obxectivo deste traballo é realizar unha mellora á instalación xeradora de auga doce a bordo de buques tanque gaseiros LNG, en concreto para buques de propulsión a dous motores diésel 2T tipo MEGI. É común que neste tipo de buque se use a auga de camisas dos motores principais como fluído calefactor nun xerador de auga doce para aproveitar esa enerxía residual e poder obter así toda a auga doce que se necesita a bordo do buque.

Isto implica unha restrición que limita a xeración de auga doce a bordo que consiste en que se non están os motores principais arrancados, non se pode xerar auga doce. Existen, polo tanto, situacións nas que a xeración de auga doce a bordo é imposible ou inviable e, como consecuencia, garantir o nivel de auga dos tanques de auga doce necesario pode dar verdadeiros quebradeiros de cabeza ao oficial encargado, especialmente durante longas estadias nun fondeadoiro, onde este factor pode ser restritivo en canto á autonomía do buque.

O obxectivo deste proxecto é, por tanto, aportar unha solución que permita unha correcta xeración de auga doce en calquera situación na que se encontre o barco, estean os motores principais arrancados ou non. Esta solución realizarase sen deixar de aproveitar calores residuais do buque.

Partindo deste obxectivo, realizarase un estudo en profundidade dunha solución real a este problema.

### **1.2 Xustificación**

Ben é sabido que é moi común ver como grandes buques LNG pasan longos períodos de espera para realizar a carga de gas, por ordes na navieira, por agardar pola súa quenda de carga, por motivos económicos, para agardar a variación do valor real do hidrocarburo que transportan, ou por motivos doutra índole.

Partindo do dato dun consumo de auga doce de  $10\text{m}^3/\text{día}$  de media neste tipo de buque (como se demostrará máis adiante) e, vendo que os dous xeradores de auga doce poden xerar entre os dous uns  $40\text{m}^3/\text{día}$  de media, a priori pode parecer absurda a idea deste proxecto.

Pero hai dous importantes factores a ter en conta:

- En situación de fondeo ou en situación de ficar ao pairo, os motores principais están parados, polo que a produción é de  $0\text{m}^3/\text{día}$ .
- É frecuente a navegación a un motor para reducir consumos. Isto, lógicamente, provoca que só se poida producir auga cun único xerador, polo que a produción máxima será de  $20\text{m}^3/\text{día}$ .

Cos dous tanques cheos ao 100% teríase unha autonomía de 40 días, pero na realidade isto case nunca pasa, xa que habitualmente cóntase cun tanque cheo e outro mediado, ou ambos mediados, en función da xestión que faga o oficial encargado deste sistema. Con isto, a modo de exemplo, se se conta con  $100\text{m}^3$  en cada tanque, é dicir,  $200\text{m}^3$ , en total teríase unha autonomía de 20 días. Esta situación pódese dar en calquera momento, ben por unha avaría ou por motivos diversos, polo que se coincide con que toca un fondeo de un mes, cousa que pode suceder, existirá o risco de ficar sen auga.

Poder xerar auga cos motores principais parados solucionaría problemas como o feito de ter que racionar a auga, ter que prever con moita antelación as rutas do buque, a anulación dos traballos de baldeo, ou mesmo ter que acudir a terra a encher os tanques de auga, provocando retrasos e gastos adicionais.



## 2 ALCANCE

Fica dentro do alcance deste traballo:

- Expoñer as situacións reais que acontecen a bordo dun buque no que respecta ás instalacións e equipos do sistema de auga doce, e o estudo do consumo real de auga doce a bordo.
- A definición precisa do tipo concreto de buque para o que se realiza a mellora, e a normativa que lle concerne á xeración de auga doce a bordo.
- Explicar o funcionamento dun xerador de auga doce de intercambiadores de placas e a súa manipulación.
- A explicación detallada dos sistemas cos que o xerador de auga doce intercambia calor ou materia, é dicir, dos sistemas de refrixeración e os sistema de almacenamento e subministro de auga doce do buque.
- O estudo técnico completo dunha mellora que permita xerar auga doce cos motores principais parados sen deixar de aproveitar calores residuais, o estudo da súa viabilidade e a explicación da manipulación do sistema despois da posta en práctica desta mellora.
- O estudo doutras posibles solucións.

Fican excluídos deste traballo:

- Os deseños de equipos que forman parte de solucións que se aportarán e os seus elementos de control, xa que isto será responsabilidade dos distintos subministradores e provedores.
- A explicación detallada doutros diversos sistemas do buque aos que se pode facer referencia ao longo do proxecto.
- O deseño dunha instalación hidráulica para un buque en concreto, pois este traballo está enfocado a un tipo de buque en xeral.

### 3 MOTIVACIÓN

A idea xurdiu durante as prácticas como Alumno de Máquinas, durante as cales se pasa moito tempo cos 3º oficiais de máquinas –xa que é o seguinte posto que pasan a ocupar os alumnos dentro da escala de rango–, os cales son responsables, de entre outros equipos, do sistema de auga doce, motivo polo cal me familiaricei e encariñei especialmente con dita instalación. A idea foi madurando durante diferentes conversas co titor, adquirindo un sentido máis profundo e máis realista da situación a tratar, e especialmente do tipo de solucións a analizar, aportando distintos puntos de vista non presentados, e outras situacións non tidas previamente en conta.

O enfoque que se quixo dar a este proxecto é a do verdadeiro espírito dun Oficial de Máquinas da Mariña Mercante, é dicir, centrarse en dar solucións a problemas reais que existen no día a día a bordo dos buques. Así cobra moito máis sentido a idea do proxecto de fin de carreira, xa que tras unha experiencia de navegación, plásmanse os conceptos con outro punto de vista.

Tamén foi fonte de motivación o feito de que sexa escaso o número de proxectos que garden relación cos novos buques LNG de propulsión tipo MEGI, e a realización previa de prácticas neste tipo de barco influenciou na toma desta iniciativa.

## 4 ANTECEDENTES

Historicamente, a necesidade de auga a bordo é tan antiga como a propia navegación. Ao principio tratábase de conservar potable a auga que se almacenaba nos buques o maior tempo posible. Nos tempos de Cristovo Colón, a auga almacenada nos barcos para a viaxe mantíñase potable coa disolución nela de vinagre. Outros métodos consistían en usar cal viva. Como se pode comprobar, ambos os métodos consistían en variar o pH da auga engadindo ácidos ou bases que eliminasen calquera indicio de xermes e bacterias que provocasen enfermidades polo consumo de auga.

Cabe destacar, de entre moitos feitos dos que se teñen constancia deste tipo, que no século XVIII, un capitán dun buque inglés perde nun accidente todo o subministro de auga doce a bordo, polo que ten que improvisar unha solución para garantir a vida da súa tripulación. Como xa era coñecedor dos avances que se estaban a producir en terra no ámbito da destilación, consegue xunto co carpinteiro de a bordo, fabricar unha rudimentaria máquina de destilación, que permitiu conseguir auga doce suficiente para sobreviviren todos.

Non foi ata o século XIX cando os avances tecnolóxicos permitiron enfocar o problema da auga a bordo de buques doutro xeito: en vez de procurar conservar a auga que se almacenaba nos buques, procurouse xerar auga a bordo, pois o que máis abunda no mar é auga. Isto daría unha maior calidade de vida á tripulación, permitiría aumentar a autonomía do buque e tamén diminuír as posibilidades de enfermarse polo seu consumo ante o aumento das distancias a percorrer por mar e, en consecuencia, do tempo que pasan as tripulacións viaxando. A finais de século fabricáronse os primeiros buques con primitivas plantas destiladoras a bordo, baseados no principio de tubos somerxidos polos que circulaba vapor das caldeiras a modo de fluído calefactor que permitía a vaporización da auga salgada e, como consecuencia, a súa desalinización.

Ao longo do século XX foron xurdindo os prototipos dos diferentes sistemas que se seguen usando na actualidade, tanto novos xeitos de conseguir auga doce – como por exemplo a osmose inversa, os evaporadores de placas, o efecto flash e outros métodos como por compresión térmica de vapor, por electrodiálise etc.–

como tamén melloras de conceptos xa coñecidos, por exemplo a destilación solar ou a destilación por conxelación. Na actualidade a tendencia é mellorar estes sistemas para reducir os consumos de enerxía e mantementos que implican estes diferentes tipos de instalacións.

## 5 CARACTERÍSTICAS DO TIPO DE BUQUE

### 5.1 Medidas e datos principais do tipo de buque

A Continuación móstrase, a modo de exemplo, as características principais do buque LNG “La Mancha Knutsen”, mostrado na figura 5.1.1, pois representa perfectamente o tipo de buque para o cal se realiza este proxecto [1].

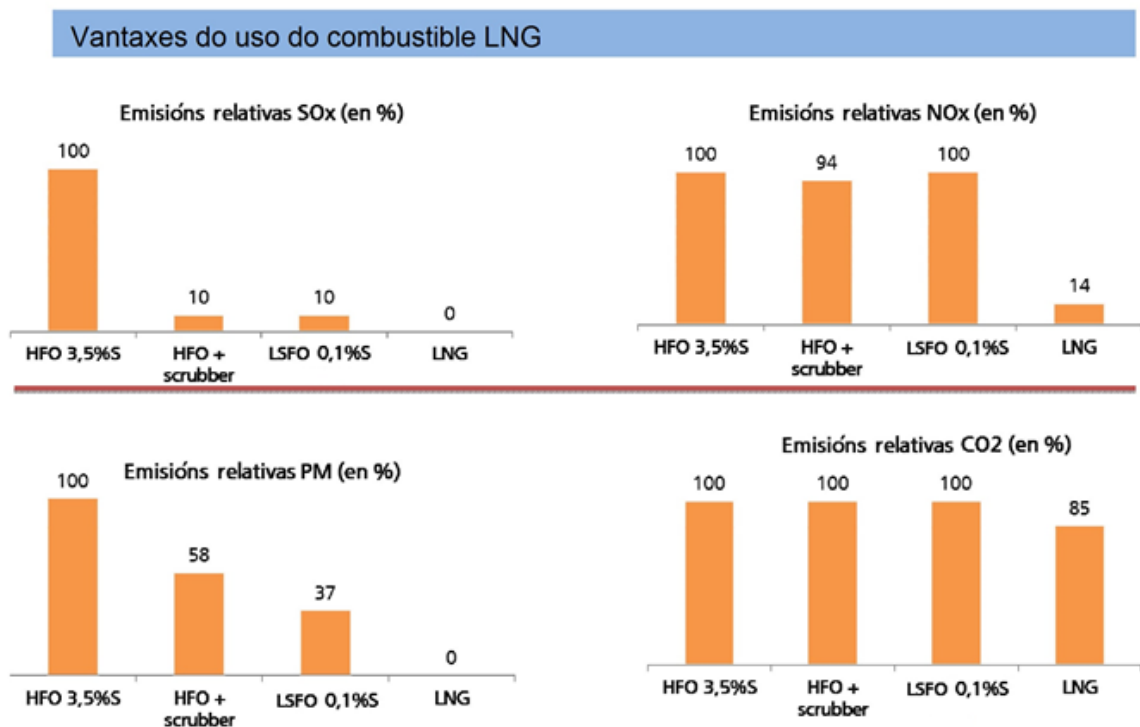
- Tipo de buque: LNG
- Dimensións:
  - Eslora: 289,99 m
  - Manga: 46,4 m
  - Puntal: 26 m
  - Calado 12 m
- Propulsión: 2 motores MEGI Hyundai – MAN B&W 7G70ME
- Potencia: 15211 kW (cada motor) a 70,4 rpm
- Velocidade máxima: 19,5 kn
- Tipo de carga: LNG totalmente refrixerado
- GRT: 116246 GT
- Tanques: 4 tipo GTT Mark III de membrana



*Figura 5.1.1 - Fotografía do LNG “La Mancha Knutsen” de propulsión MEGI [1]*

## 5.2 Buques propulsados por LNG na actualidade

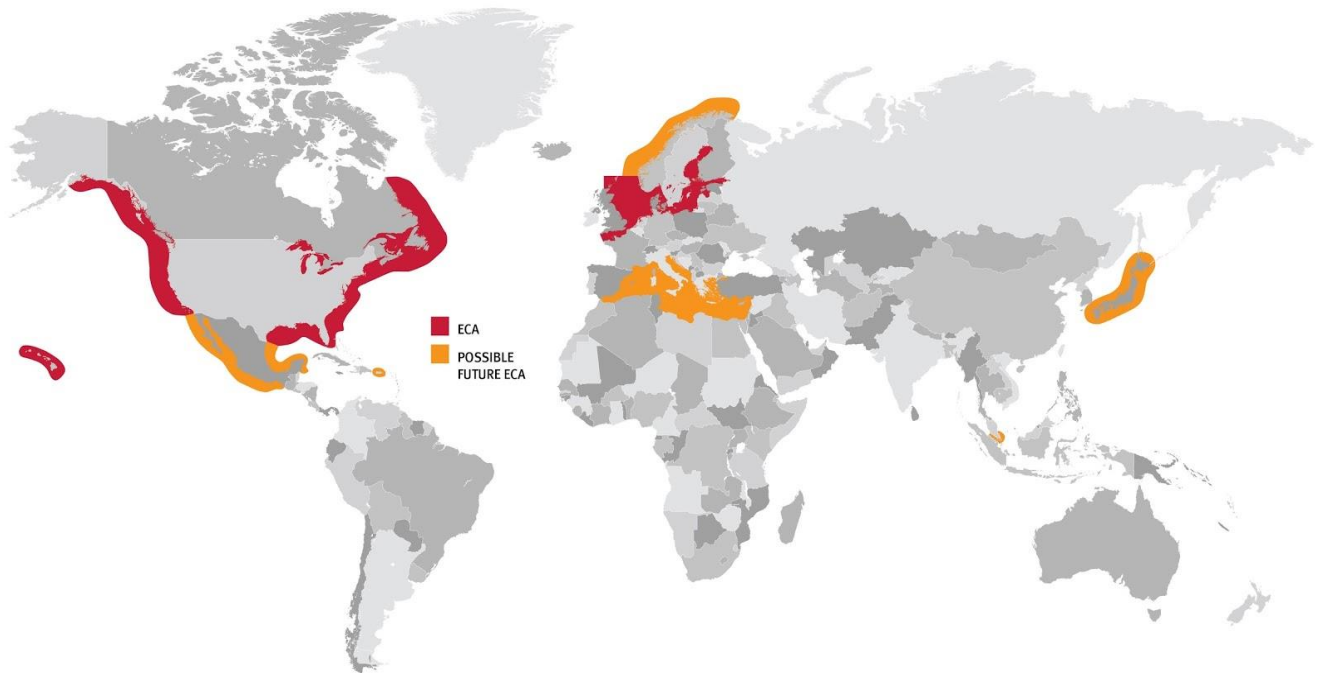
Actualmente os buques de propulsión a LNG están en auxe, debido principalmente ás crecentes restricións medioambientais. Como se pode apreciar na figura 5.2.1 consumo de LNG como combustible reduce as emisións de NOx nun 85%, e a contaminación por SOx é practicamente nula. Os niveis de CO<sub>2</sub> tamén se reducen en torno a un 15% [2].



*Figura 5.2.1 - Diagramas de emisións de distintos combustibles mariños [2]*

Este aumento de buques propulsados por LNG está propiciado tamén polos avances das normativas internacionais, como se pode apreciar na figura 5.2.2. Existen zonas de control de emisións (ECA) do SOx en augas como o mar Báltico, o mar do Norte, e de control do SOx e PM nos Estados Unidos de América. Ademais, para as augas deste país xa está aprobada tamén a normativa equivalente para controlar as emisións de NOx, a espera de que xurda efecto. As zonas de control das emisións de óxidos de Nitróxeno denomínanse NECA, e as equivalentes para óxidos de Xofre, SECA [3].

Tense previsto que nos próximos anos se amplíen estas áreas e se incrementen as restricións no que respecta a emisións de motores mariños [4].



*Figura 5.2.2 - Zonas ECA actuais e previsión de futuras incorporacións [3]*

As principais opcións para que un buque poida reducir emisións e navegar por estas augas son as seguintes [5]:

- O uso de combustible diésel mariño de baixo contido en xofre – Reduce SO<sub>x</sub>
- A instalación a bordo de scrubbers para o lavado dos gases de escape – Reduce SO<sub>x</sub> e PM [6]
- A instalación de filtros redutores catalíticos selectivos (SCR) – Reduce NO<sub>x</sub>
- Instalar sistemas de recirculación de gases de escape (EGR) – Reduce NO<sub>x</sub>
- Adaptar as instalacións do buque para o consumo de LNG – Reduce NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> e PM

Todas estas opcións significan unha alta inversión económica que a navieira ten que estudar ben antes de realizar nos seus buques, en función das rutas que acostuma seguir, da antigüidade do buque, da tendencia do prezo dos combustibles etc.

Cabe destacar que aproximadamente un 5% do combustible inxectado segue sendo HFO/MDO a modo de piloto, cando se consome combustible LNG, debido a que estes motores son de acendido por compresión, e o LNG nesas condicións non é autoinflamable.

Algúns dos buques que consomen LNG foron adaptados para o consumo deste combustible, pero a maioría son de nova construción. Actualmente, xa existen moitos tipos de buque propulsados por combustible LNG: portacontedores, buques de pasaxe, buques off-shore, dragas etc. En todos eles, ten que existir un ou varios tanques especiais para almacenamento do combustible LNG [7].

Pero os sistemas de propulsión a LNG vólvense máis interesantes cando se fala de buques tanque de transporte de LNG. Neste tipo de buque cóntase con varias vantaxes adicionais:

- Os tanques do combustible LNG son os propios tanques de carga.
- O consumo de LNG permite dar un uso ao Boil-off.

Historicamente, no mundo do transporte do gas natural licuado (LNG), sempre prevaleceu o sistema de propulsión a turbina de vapor ata que a principios do século XXI se foron sucedendo diferentes avances neste ámbito que revolucionaron o transporte de LNG:

- Xurdiron os primeiros buques LNG con planta de relicuado.  
(O primeiro foi o LNG “Jamal”, no ano 2000)
- Xurdiron os primeiros buques con propulsión DFDE.  
(O primeiro foi o LNG “British Emerald”, no ano 2007)
- Xurdiron os primeiros buques con propulsión MEGI [8].  
(O primeiro foi o LNG “Creole Spirit”, no ano 2016, apreciable na figura 5.2.3)





*Figura 5.2.3 – Fotografía do LNG “Creole Spirit” de propulsión MEGI [8]*

Actualmente conviven todos estes tipos de buques LNG, aínda que a tendencia actual dos buques en construción é a decantarse pola opción da propulsión MEGI, debido principalmente á redución de consumos en comparación aos seus predecesores.

A seguir, enumeraranse os proxectos de buques de propulsión MEGI que teñen anunciado nos seus portais da internet algunhas das principais navieiras do sector do transporte de LNG:

1. Teekay ten un proxecto de construción de 11 novos buques [9].
2. Knutsen O.A.S. ten un proxecto de construción de 2 novos buques [10].
3. Naviera Elvano S.A. ten un proxecto de construción de 2 novos buques [11].

### 5.3 Tripulación dun buque LNG e función a bordo

#### 5.3.1 Departamento de Cuberta:

O departamento de cuberta está formado polos seguintes membros:

- Capitán: Responsable de todo o buque e de toda a tripulación.
- 1º Oficial: Garda de navegación. Encargado do hospital e dos primeiros auxilios. Responsable de supervisar os exercicios periódicos, do almacén de material e da realización de análise química da auga doce a bordo.
- 2º Oficial: Garda de navegación. Encargado de trazar as rutas.
- 3º Oficial: Garda de navegación. Encargado dos sistemas de contra incendios.
- Alumno/s: Asistir aos oficiais.
- Contramaestre: Supervisar os mariñeiros. Dirixir os traballos de cuberta.
- Mariñeiros: Traballos de cuberta e garda de navegación nocturna.

#### 5.3.2. Departamento de Máquinas

O departamento de máquinas está formado polos seguintes membros:

- Xefe de máquinas: Responsable de toda a sala de máquinas, de toda a tripulación deste departamento, de render contas á empresa dos consumos, de xestionar os obxectivos a cumprir polo departamento durante cada navegación etc.
- 1º Oficial: Encargado de organizar o traballo dos subalternos, da supervisión dos motores, do aire acondicionado, do sistema de refrixeración das gambuzas.
- 2º Oficial: Encargado das caldeiras auxiliares, turbosoplantes, pañol de químicas, sistemas de combustible e o seu almacenamento.
- 3º Oficial: Encargado dos sistemas de auga doce, tratamento de augas fecais, pañol de aceites, sistemas de lubricación, incluíndo almacenamento e o seu almacenamento.
- E.T.O.: Encargado de supervisar toda a electricidade do buque, tanto da máquina como da habilitación, e ademais responsable dos sistemas

de comunicación, o ascensor do buque, motores eléctricos, cadros de control etc.

- Oficial de carga: Encargado de supervisar as cargas e descargas do buque, do mantemento da sala de compresores, do mantemento da sala de motores, da planta de relicuado, da unidade de combustión de gas (GCU), da planta de xeración de Nitróxeno e do seu almacenamento e subministro, da planta de xeración de gas inerte...
- Mecánico: Fabricación de pezas a medida, tubaxes, reparación, traballos de caldeirería, soldaduras do barco, manipulación das grúas da máquina...
- Engraxadores: Asistir aos oficiais, limpeza da sala de máquinas, limpeza de filtros, revisión de nivel de tanques e outras rutinas.
- Alumno/s: Asistir aos oficiais. Parte de máquinas.

### 5.3.3. Departamento de Cociña

O departamento de cociña está formado polos seguintes membros:

- Xefe de cociña: Responsable dos encargos de comida para toda a tripulación previndo as necesidades en función do porto de destino.

Encargado da cociña e da alimentación.

- Marmitón: Axudante de cociña. Asiste ao xefe de cociña. Organización do almacén de alimentos e das gambuzas. Inventario de alimentación.
- Mozo de cociña: Responsable da limpeza da cociña, lavado de louzas e nalgúns buques responsable da limpeza de todos os espazos da habilitación e camarotes.

Pódese aproximar a tripulación media para este tipo de buque en 26 tripulantes, sen incluír técnicos externos ocasionais, oficiais en training, prácticos, persoal da canle de Suez, inspectores e outro tipo de persoal ocasional.

## **6 SISTEMA DE ALMACENAMENTO E SUBMINISTRO DE AUGA DOCE**

### **6.1 Sistema de almacenamento de auga doce**

Este tipo de buque conta con dous sistemas autónomos e independentes de auga doce: un pola banda de estribor e outro, simétrico a este, pola banda de babor. Dous xeradores de auga doce producen toda a auga doce do buque, a un ritmo de  $20\text{m}^3/\text{día}$  cada un deles. Na tubaxe de saída de auga doce do xerador hai un contador que mide a cantidade de auga que sae de cada xerador. Posterior a este, hai unha válvula antirretorno.

Os dous xeradores alimentan un crossover que vai de babor a estribor, que a maiores ten a posibilidade de ser alimentado de auga doce dende terra. O crossover alimenta á súa vez aos dous tanques de auga doce, o de babor e o de estribor, de xeito que ambos xeradores poidan alimentar calquera dos dous tanques.

Estes tanques están situados na sala dos timóns e son iguais e simétricos. Contan cunha capacidade aproximada de  $200\text{m}^3$  cada un e teñen un tubo superior de venteo que permite evacuar auga por sobrepasar o máximo nivel do tanque. Tamén teñen unha drenaxe cunha válvula que permite que sexa baleirados. Unha comporta a medio metro de altura, do tamaño dun paso de home, permite a súa inspección periódica, baleirando previamente o tanque. Os dous tanques contan cun visor de nivel e sensor de alarma de baixo nivel. Tamén dispoñen dunha saída para alimentar a bomba do sistema de contra incendios por espuma. Ademais, o tanque de babor conta cunha conexión para alimentar a liña de Water Spray. Tódalas conexións dos tanques dispoñen dunha válvula para seren illadas.

## **6.2 Sistema de subministro de auga doce**

Existe unha conexión de alimentación dende os tanques ata os sistemas de auga doce de servizo e de auga doce de consumo, a través doutro crossover para que, unha vez máis, cada tanque de forma independente poida alimentar ámbolos dous sistemas:

### **6.2.1 O sistema de auga doce de servizo**

Este sistema alimenta a toda unha rede de tomas de auga que hai ao longo de toda a sala de máquinas para poder efectuar tarefas de baldeo e limpeza. Do crossover aspiran dúas bombas, unha en automático e outra en stand-by, que alimentan cun fluxo de 5m<sup>3</sup>/h o hidróforo de auga doce de servizo. O hidróforo é un recipiente hermético resistente a presión que alberga certa cantidade de auga, e de aire a presión. Ten a función de manter a presión en toda a instalación grazas ao colchón de aire, reducindo así o número de veces que arranca e para a súa correspondente bomba. Cando a presión no hidróforo baixa ata 5 bar, a bomba arranca ata que a presión acada 6 bar, grazas a uns sensores de presión e a un controlador PID. Tamén existen unha válvula de seguridade tarada a 6.6 bar.

Periodicamente é necesario revisar o nivel de auga mediante un visor de tubo de vidro co que conta o hidróforo co obxectivo de verificar o volume que ocupa o colchón de aire, pois co paso do tempo o aire tende a diminuír. Existe unha conexión á toma de aire de servizo para realizar este mantemento. A saída do hidróforo alimenta a través dunha válvula antirretorno a toda a instalación hidráulica distribuidora de auga doce por toda a sala de máquinas.

### 6.2.2 O sistema de auga doce doméstica

Este sistema ten o obxecto de proporcionar auga a todos aqueles lugares onde se pode usar tanto para consumo como para hixiene, polo que por esta rede deberá circular unha auga previamente tratada. Á saída do hidróforo de auga doce doméstica, idéntico ao de auga de servizo, sae a auga a través dunha válvula antirretorno. A diferenza do outro circuíto, neste antes de pasar á rede de distribución, debe pasar por unha planta de tratamento.

O primeiro elemento é un filtro mineralizador. O caudal máximo que pode pasar por el é de 5000L/h e ademais é by-passeable para cando precise dunha limpeza periódica. Conta cun tubo de drenaxe para baleiralalo durante o seu mantemento. A súa función consiste en que a auga, ao pasar polos minerais cos que conta este filtro, adquira unhas propiedades determinadas para que sexa apta para o consumo humano, tales como [12]:

- Aumento do pH da auga, xa que antes de tratar está baixo debido principalmente química dos evaporadores.
- Aumento da dureza da auga.
- Aumento da concentración de minerais disoltos na auga.

O seguinte elemento é o esterilizador, tamén by-passeable. Conta cun caudalímetro na súa entrada para rexistrar a cantidade de auga que entra neste sistema e cun sensor de presión á saída para avisar cunha alarma cando o filtro está obturado. Ao pasar polo esterilizador, a auga é irradiada por unha lámpada de luz ultravioleta, que elimina calquera posible organismo vivo que puidera conter a auga, tales como bacterias, virus etc.[13]. Na súa saída, a auga pasa ademais por un filtro onde fica calquera sucidade que puidese arrastrar a auga dende atrás. O mantemento do esterilizador consiste na limpeza periódica da lámpada e na substitución do filtro [14].

A partir deste momento, gran parte da auga xa é distribuída á rede de auga doméstica, como poden ser cociñas, duchas, lavabos, sanitarios, fontes, vertedoiros, hospital, e outros consumidores da acomodación. Unha vez

consumida a auga, esta diríxese a través dos seus desaugadoiros correspondentes aos circuítos de augas grises e negras.

O resto do caudal diríxese a un quentador, eléctrico ou de vapor, que cunhas bombas impulsa auga quente á outra rede que se dirixe tamén á habilitación, a cal permite o subministro de auga quente. A temperatura deste circuíto é regulada por un controlador. Unha das bombas traballa e a outra fica en stand-by. Isto permite a circulación continua de auga polo circuíto de auga quente, retornando auga quente non consumida á aspiración das bombas, reducindo así a calor a aportar no quentador de auga e mantendo tamén as tubaxes quentes, para que a auga saia quente tan pronto como se desexe consumila.

Por último, cómpre citar que existe un responsable de facer análises periódicas da auga doméstica para detectar calquera posible anomalía que perturbe as augas, como a concentración elevada dalgunha substancia química, acidez e dureza da auga, presenza de organismos biolóxicos etc. Xeralmente, este responsable é o primeiro oficial de cuberta.

## 7 SISTEMAS DE REFRIXERACIÓN DO BUQUE

Este tipo de buque conta cun sistema de refrixeración por duplicado, é dicir, dous sistemas independentes: un para a banda de estribor e outro para a banda de babor, e ambos practicamente iguais, aínda que con algunhas diferenza. Estes sistemas están á súa vez divididos en subsistemas, como se verá máis adiante.

A maiores destes dous sistemas de refrixeración, existe un terceiro sistema independente para a refrixeración dos sistemas de carga, como os compresores de carga, planta de relicuado etc. que non se tratarán neste proxecto.

- A auga salgada de refrixeración é auga de mar filtrada e esterilizada. A súa temperatura varía en función da zona de navegación e da estación do ano. Cómpre indicar que se pode tratar de auga salobre ou mesmo de auga doce durante a navegación por ríos, se for o caso.
- A auga doce de refrixeración é auga destilada. Antes de aportar auga destilada ao sistema central de refrixeración, é necesario que fose aplicado un inhibidor de corrosión. Isto é debido a que a auga tende a absorber dióxido de carbono do aire, volvéndose ácida e corrosiva a longo prazo.

Na táboa 7 pódense ver algúns dos diferentes tratamentos existentes para inhibir a corrosión, recomendados polo fabricante de motores Hyundai:



*Táboa 7 – Distintos tratamentos de auga de refrixeración coa súa dosaxe [15]*

<b>Fabricante</b>	<b>Marca</b>	<b>Contido</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dose mínima</b>
Chevron	Havoline XLi	Carboxilatos	Líquido	50 L / 1000 L
Drew Ameriod Marine Boonton	DEWT-NC	Nitrito	En po	3.2 Kg / 1000 L
	LIQUIDEWT		Líquido	8 L / 1000 L
	MAXIGARD		Líquido	16 L / 1000 L
VECOM	CWT DIESEL	Nitrito	Líquido	12 L / 1000 L
Wilhelmsen Chemicals	DIESELGUARD	Nitrito e Borato	En po	2 Kg / 1000 L
	Rocor NB	Nitrito e Borato	Líquido	9 L / 1000 L
	Cooltreat AL	Carboxilatos	Líquido	50 L / 1000 L
	9-108	Nitrito e Borato	Líquido	2.25 L / 1000 L
	9-111	Nitrito e Borato	Líquido	8 L / 1000 L
	Nalfleet2000	Nitrito e Borato	Líquido	32 L / 1000 L
NALCO	NALCOOL2000	Nitrito e Borato	Líquido	32 L / 1000 L
	TRAC102	Nitrito e Borato	Líquido	32 L / 1000 L
	TRAC100	Molibdato	Líquido	3.5 L / 1000 L
	TRAC109	Nitrito e Borato	Líquido	4 L / 1000 L

A maiores, os fabricantes de motores recomendan revisións semanais, mensuais e anuais da auga de refrixeración para comprobar diferentes parámetros para a prevención de anomalías, pois unha detección a tempo pode previr ou simplificar moito a solución de avarías.

Así pois, nunca se deben superar os seguintes parámetros [16]:

- Dureza: 10° dH (10 ppm CaO)
- pH: 6.5 - 8.0 (a 20°C)
- Cloruros: 50ppm (50 mg/L)
- Sulfatos: 50ppm (50 mg/L)
- Silicatos: 25ppm (25 mg/L)
- Sulfuros: 0ppm
- Cloro: 0ppm
- Amoníaco: 0ppm

Algunhas das anomalías atopadas decote nestas análises son as seguintes:

- Un pH baixo pode ser síntoma dunha contaminación por gases de escape, debido aos ácidos que forman os óxidos de xofre dos gases en contacto coa auga. Isto pode aumentar a corrosión dos materiais do motor.
- Un nivel de cloruros alto pode indicar unha contaminación por auga salgada, o cal pode provocar asemade un aumento da corrosión.
- Detección dalgún depósito ou mofo nalgunha parte do circuíto de refrixeración. Neste caso a auga do circuíto debe ser drenada, e débese repoñer por auga destilada limpa e tratada coa química correspondente.

Cabe aclarar que para unha mellor comprensión do circuíto de refrixeración cómpre complementar esta lectura coa revisión dos planos na homónima sección deste traballo.

## **7.1 Sistema central de refrixeración de auga salgada**

### **7.1.1. Colector de auga salgada**

Na parte máis á proa da cuberta inferior da sala de máquinas, existe un gran colector de babor a estribor por onde o buque aspira toda a auga salgada de refrixeración grazas a dúas tomas de mar: a toma de mar alta a babor e a toma de mar baixa a estribor. Unha delas debe estar sempre aberta para alimentar o circuíto, a outra debe estar pechada. Por norma xeral, a toma de mar baixa úsase para a navegación normal e a alta, para a navegación por augas de pouco calado, ríos ou para fondeos, para así poder evitar aspiración de lodos dos fondos e obturar o sistema. Cada toma de mar ten o seu elemento filtrante que se limpa periodicamente. Ambas son independentes e están automatizadas, e contan cun accionamento manual que permite abrir ou pechar a válvula correspondente en caso dalgunha avaría no automatismo para garantir sempre a refrixeración. Cabe destacar que cada toma de mar conta cunha conexión de entrada de vapor do circuíto das caldeiras auxiliares para casos de conxelación ou obstrucións por xeo durante navegacións en augas xelidas. Tamén existe unha válvula que illa a metade do colector para casos de fuga ou avaría no mesmo. (Ver plano 2)

Dentro do colector, a carón das tomas de mar, existe un sistema de protección por ánodos de sacrificio chamado MGPS (Marine growth preventing system), o cal consiste nun ánodo de cobre e outro de aluminio a cada banda, que teñen por función evitar a corrosión e evitar o crecemento de organismos mariños dentro do colector, o que se denomina un sistema antifouling. O seu funcionamento é controlado por unha unidade de control situada na mesma cuberta, na cal se pode seleccionar a amperaxe correcta en función do tipo de augas nas que se navega.

### 7.1.2. Bombas

Deste gran colector común, ademais das bombas de lastre, de contra incendios e de sentinas, aspiran dous tipos de bomba que resultan de especial interese para este proxecto:

- As bombas de refrixeración principais: Son dúas bombas por cada un dos tres circuitos de refrixeración antes mencionados: o de babor, o de estribor e o da carga. Cada unha destas bombas conta cunha válvula de aspiración e outra de descarga, esta última antirretorno. Cada bomba de refrixeración principal pode aportar un caudal aproximado de  $1350\text{m}^3/\text{h}$ . A súa función é a de facer pasar auga por un enfriador coa intención de absorber calor del. Só traballa unha destas bombas por cada sistema mentres a outra fica en stand-by, alternándose periodicamente para ir igualando as horas de traballo de cada bomba.
- As bombas do xerador de auga doce: Son dúas bombas moito máis pequenas que as anteriores. Tamén contan cunha válvula de aspiración e outra de non retorno na descarga. Estas bombas son capaces de aportar un caudal de  $44\text{m}^3/\text{h}$  cada unha, e teñen tres funcións principais:
  - Alimentar de auga salgada ó xerador.
  - Aportar auga de refrixeración ao condensador do xerador.
  - Crear baleiro dentro do xerador ao mandar auga a presión por un eductor que aspira tanto o aire do interior do xerador como o sal que precipita no fondo da cámara do evaporador.

Aproximadamente o 98% da auga que impulsa esta bomba sae do eductor e vértese ao mar pola borda a unha temperatura aproximada de  $43^\circ\text{C}$ . O resto da auga destíllase para converterse en auga doce no xerador de auga doce.

### 7.1.3 Enfriadores

Os enfriadores de auga salgada consisten en dous enfriadores de placas para cada un dos sistemas de refrixeración de auga salgada. A súa superficie de transferencia de calor é de aproximadamente  $600\text{m}^2$ . Teñen por función

intercambiar calor entre o circuíto principal de refrixeración de auga doce, que é o fluído quente, e o sistema de refrixeración de auga salgada, que é o fluído frío. O seu método de traballo consiste en deixar un activo mentres o outro fica en stand-by, ao igual que as bombas, para igual as horas de traballo. Ademais, o seu sistema de válvulas permite unha conexión inversa para realizar a limpeza a contrafluxo. Os enfriadores contan tamén un filtro que se limpa periodicamente, facendo coincidir esta limpeza coa posta en stand-by dun enfriador.

A auga entra á temperatura da auga de mar, e sae do enfriador, tras absorber a calor do circuíto principal de auga doce, a unha temperatura aproximada de 45°C. Posteriormente bótase pola borda por un costado, facendo así que o circuíto de refrixeración de auga salgada sexa un circuíto aberto.

## 7.2 Sistema principal de refrixeración de auga doce centralizado

O circuíto principal de refrixeración de auga doce centralizado, tamén denominado circuíto LT (low temperature) ou de baixa temperatura, consiste nun circuíto cerrado de auga doce de refrixeración. Ao igual que no caso do sistema de refrixeración de auga salgada, tamén existen dous circuítos independentes, dos cales procederase a explicar un deles, por seren ámbolos dous similares. (Ver plano 3)

### 7.2.1 Colector e bombas

Ao igual que no sistema de auga salgada, unha bomba aspira dun colector mentres unha segunda bomba fica en stand-by. As bombas, para poderense illar do circuíto, contan cunha válvula de aspiración e outra de descarga de non retorno, con sensores de presión de aspiración e descarga, así como reloxos indicadores de presión locais, ao igual que o resto de bombas de refrixeración do buque. A bomba en funcionamento fai circular un caudal de auga duns  $1230\text{m}^3/\text{h}$  a 2.5 bar de presión.

Este colector diferénciase do de auga salgada no seu tamaño moito máis reducido, e en que está conectado de forma continua ao tanque de expansión do circuíto de baixa temperatura dunha capacidade de  $1\text{m}^3$ . Este tanque está situado unha cuberta por encima da parte máis superior dos motores principais do barco, e dúas cubertas por debaixo do tanque de expansión de alta temperatura. O tanque de expansión ten dobre función: manter presión positiva na aspiración das bombas e absorber as variacións do volume de auga producidas por cambios de temperatura. O nivel deste tanque e do seu homólogo da outra banda é revisado todos os días grazas a un visor de tubo de vidro situado na súa parte frontal, e ten unha conexión directa co circuíto de auga doce doméstica para enchelo ata o nivel correcto se nalgunha ocasión for necesario. Tamén consta dun sistema de venteo. Cabe destacar que a medición do nivel destes tanques se realiza varias veces e faise unha media por mor do balance do barco durante a navegación, o que fai falsear levemente as medicións.

### 7.2.2 Enfriadores

O caudal de auga pasa a través dun dos dous enfriadores principais, que son os mesmos do circuíto de auga salgada. Teñen por función intercambiar calor entre o circuíto principal de refrixeración de auga doce, que é o fluído quente, e o sistema de refrixeración de auga salgada, que é o fluído frío. A auga doce entra no enfriador a uns 50°C e sae a uns 35°C aproximadamente, en función da temperatura da auga de mar, da carga do motor e dos diferentes consumidores de calor deste circuíto que se mencionarán máis adiante.

Tras pasar o enfriador, existe unha válvula de tres vías reguladora de temperatura accionada pneumáticamente que mantén sempre un valor axustable na súa saída, que por defecto é de 36°C, mesturando se é preciso a auga dos enfriadores coa auga dun by-pass aos enfriadores, para acadar esta temperatura.

Tras esta válvula, existe outra válvula de alivio, que en caso de sobrepresión do circuíto, permite o retorno da auga de refrixeración novamente ao colector.

### 7.2.3 Equipos refrixerados

Esta auga coa temperatura xa regulada divídese en tres sectores independentes:

- Unha parte do caudal de aproximadamente 230m<sup>3</sup>/h pasa polo enfriador de aceite do motor principal desa banda, e en serie con el, pasa polo enfriador de auga de camisas do motor principal desa banda tamén, que corresponde co enfriador de auga de camisas do circuíto de HT ou alta temperatura, que se explicará máis adiante. Tras pasar por estes dous enfriadores a auga retorna ao colector.
- Outra parte do caudal de aproximadamente 150m<sup>3</sup>/h destínase á refrixeración dos dous enfriadores de aire de varrido do motor principal desa banda e posteriormente retorna ao colector.
- A maioría do caudal restante, aproximadamente uns 850m<sup>3</sup>/h, diríxense ao sistema auxiliar de refrixeración desa banda, que se explicará a continuación.

### **7.3 Sistema auxiliar de refrixeración de auga doce centralizado**

Este circuíto, anexo ao anterior, ten a función de refrixerar os motores auxiliares, os alternadores e unha serie de elementos conectados todos en paralelo, con cadansúa válvula antes e despois de cada elemento, para así poder illalo do circuíto cando for necesario. (Ver plano 4)

A refrixeración deste sistema realízase cunha parte do caudal aportado polas bombas do sistema principal de refrixeración de auga doce centralizado, o cal lle aporta o caudal de auga a presión a unha temperatura xa regulada de 36°C.

Cabe destacar que neste caso concreto existe unha importante diferenza entre o circuíto de babor e o de estribor, pois cada un refrixera uns elementos diferentes, polo que se describirán os dous circuítos.

#### **7.3.1 Elementos refrixerados polo circuíto de estribor**

A continuación móstrase unha listaxe dos diferentes sistemas que son refrixerados polo circuíto de estribor:

1. Motores auxiliares 1 e 2
2. Alternadores 1 e 2
3. Convertedor de frecuencia do xerador de cola e transformador (E)
4. Compresores de aire de servizo 1 e 2
5. Compresores de aire de control 1 e 2
6. Compresores de N<sub>2</sub> 1 e 2
7. Unidades refrixeradoras 1 e 2 do Switchboard Room (E)
8. Unidade refrixeradora da sala do almacén.
9. Unidades de aire acondicionado 1 e 2
10. Enfriador de MGO do motor principal (E)
11. Enfriadores de MGO dos motores auxiliares 1 e 2
12. Enfriador de aceite da bocina (E)
13. Enfriador de aceite do embrague (E)
14. Enfriador dos tres coxinetes do eixe de cola (E)
15. Refrixeración do alternador de cola (E)



Este circuíto alimenta ademais un pequeno circuíto anexo a este para a refrixeración de certos elementos na habilitación, e das salas de control de carga e de equipamento eléctrico, e os Switchboard Room 1 e 2 da carga entre outras cousas. Esta conexión conta coa súa propia bomba Booster que aporta 43m<sup>3</sup>/h.

### **7.3.2 Elementos refrixerados polo circuíto de babor**

A continuación móstrase unha listaxe dos diferentes sistemas que son refrixerados polo circuíto de babor:

1. Motores auxiliares 3 e 4
2. Alternadores 3 e 4
3. Unidades 1 e 2 refrixeradoras da sala de control de máquinas
4. Unidades refrixeradoras dos Switchboard Room 1 e 2 (B)
5. Unidades refrixeradoras do taller e do taller do electricista.
6. Convertedor de frecuencia do xerador de cola e transformador (B)
7. Condensadores das unidades 1 e 2 frigoríficas das provisións
8. Enfriador de aceite da bocina (B)
9. Enfriador de aceite do embrague (B)
10. Enfriador dos tres coxinetes do eixe de cola (B)
11. Enfriador de MGO do motor principal (B)
12. Enfriador de MGO dos motores auxiliares 3 e 4
13. Enfriador de MGO das caldeiras auxiliares
14. Enfriador do secador da planta de gas inerte
15. Enfriador do condensador da planta de gas inerte
16. Refrixeración do alternador de cola (B)

### **7.3.3 Refrixeración dos motores auxiliares**

Os motores auxiliares teñen dous circuítos internos, o de alta temperatura e o de baixa temperatura. A maioría dos elementos destes circuítos están directamente montados sobre un módulo de refrixeración. Ambos circuítos usan para a refrixeración auga do circuíto auxiliar de refrixeración.

### **7.3.3.1      Circuito de baixa temperatura**

O circuito de baixa temperatura aspira auga de refrixeración mediante unha bomba centrífuga acoplada ao motor, e envíaa ao enfriador de aire de admisión LT e ao enfriador de aceite. Posteriormente sae do motor, pasando por unha válvula reguladora de temperatura de tres vías situada no módulo de refrixeración. Mediante un sensor de temperatura á saída da bomba, un controlador regula canto abre ou pecha a válvula, permitindo a recirculación de máis ou menos auga quente da saída do motor á bomba para regular de forma óptima a temperatura.

### **7.3.3.2      Circuito de alta temperatura**

O circuito de alta temperatura aspira auga de refrixeración mediante unha bomba centrífuga similar á de baixa temperatura, acoplada tamén ao motor, e impulsa a auga ao enfriador de aire de admisión HT e despois ao interior do motor, onde pasa a través das culatas e das camisas de todos os cilindros, absorbendo a súa calor. Posteriormente sae do motor.

O circuito tamén conta cun prequentador eléctrico polo que pasa a auga á saída do motor, que permite manter sempre o motor a unha temperatura óptima cando estea parado, para poder arrancalo en calquera momento que for preciso sen sufrir ningún estrés térmico.

Despois, unha válvula termostática, situada no módulo de refrixeración á saída do motor, regula a temperatura da auga de refrixeración de alta temperatura. Esta temperatura é coñecida grazas á información que lle aporta un sensor a un controlador. O accionamento desta válvula é automático, regulado polo controlador, e non se pode axustar, e consiste en que o controlador regula canto abre ou pecha a válvula, permitindo a recirculación de máis ou menos auga quente da saída do motor á bomba para regular de forma óptima a temperatura.

## **7.4 Sistema de refrixeración de auga doce de camisas**

O sistema de refrixeración de auga de camisas do motor principal, tamén coñecido como circuíto de refrixeración HT ou de alta temperatura, consiste nun circuíto cerrado de refrixeración por auga doce que, ao igual que os anteriores sistemas, tamén existe por duplicado: un para o motor de babor e outro para o de estribor. (Ver plano 5)

### **7.4.1 Bombas**

Existen dúas bombas independentes para garantir sempre a refrixeración, unha en funcionamento e outra en Stand-by, e cada unha cunha válvula de aspiración e outra de descarga de tipo antiretorno. Estas válvulas permiten illar cada bomba do circuíto. Cada unha produce un caudal duns  $197\text{m}^3/\text{h}$  a 3 bar de presión.

### **7.4.2 Prequentador de auga de camisas**

O primeiro elemento co que se topa a auga tras ser impulsada pola bomba é o prequentador de auga de camisas. Este consiste nun intercambiador de calor by-passeable, que ten a función de ceder calor á auga de refrixeración cando o motor principal está parado para mantelo a unha temperatura óptima para que o motor poida ser arrancado en calquera momento sen sufrir ningún tipo de estrés térmico. O fluído calefactor que pasa por este intercambiador é vapor xerado coas caldeiras auxiliares do buque, e a temperatura é regulada manualmente mediante unha válvula reguladora de caudal que by-passea o fluxo de vapor ao intercambiador.

### **7.4.3 Refrixeración do motor principal**

A auga de refrixeración do circuíto de alta temperatura entra no motor principal pola zona superior onde refrixera os aloxamentos da válvula de escape, para logo pasar a través das culatas, e acceder ao bloque motor onde refrixera as camisas. Posteriormente abandona o motor tras absorber unha gran parte da súa enerxía calorífica e prosegue o seu camiño. Cabe recordar que os enfriadores de aire de varrido son refrixerados polo circuíto de baixa temperatura.

Cando o motor principal está parado, por exemplo durante operacións de carga e descarga, a auga de refrixeración segue sendo impulsada no mesmo sentido a través do motor, pero neste caso, coa finalidade de aportarlle calor e mantelo así a unha temperatura óptima para que poida ser arrancado en calquera momento sen sufrir estrés térmico. Isto é posible grazas ao prequentador de auga de camisas.

Este tipo de motor principal conta cun sistema adicional para mellorar exclusivamente a refrixeración das camisas. Trátase do sistema LDCL (Load Dependent Cylinder Liner), consistente nun sistema de regulación automático da auga das camisas, controlado electronicamente, e que conta coa súa propia bomba de circulación. Este sistema actívase cando a carga do motor está entre o 2% e o 100%. O sistema controla electronicamente a temperatura media de cada camisa do motor, baseándose nun set-point seleccionado previamente, e pode extraer auga quente do circuíto e engadir auga fría grazas a unhas válvulas de tres vías controladas polo mesmo regulador, para manter esa temperatura nun valor fixado, reducir así a inercia térmica e estabilizar as temperaturas máis rapidamente e con máis precisión. En caso de avaría, o sistema LDCL deixaría de actuar e permitiría que a regulación da temperatura da auga de refrixeración fose regulada simplemente pola válvula de tres vías automatizada á saída do enfriador de auga de camisas.

Ademais do sistema LDCL, existe outro sistema de refrixeración do motor principal a maiores chamado LDHT (Load Dependent High Temperature). Este circuíto, á diferenza do anterior, controla a refrixeración de todo o motor principal, non só das camisas. Só se activa cando a carga do motor supera o 75%. Conta cunha bomba que permite aumentar a circulación da auga a través do motor. Cando o sistema se activa, auméntase ao máximo o caudal de refrixeración ao motor principal.

#### **7.4.4 Xerador de auga doce**

Posteriormente a auga sae do motor e pasa a alimentar o intercambiador de calor do evaporador do xerador de auga doce. Aquí, a auga de refrixeración funciona como fluído calefactor, do que se absorbe calor. Polo evaporador pasa un caudal de auga duns 35 m<sup>3</sup>/h. Entra a 88°C e sae a 73°C aproximadamente. O resto do caudal existente by-passease grazas a unha válvula.

#### **7.4.5 Enfriador de auga de camisas**

O seguinte elemento do circuíto é o enfriador de auga de camisas (antes mencionado no circuíto de baixa temperatura). Neste intercambiador o circuíto de auga de camisas cede calor ao circuíto de refrixeración central. Unha válvula pneumática de tres vías reguladora de temperatura mantén constante a temperatura de saída nun valor previamente seleccionado, que adoita ser duns 65°C.

#### **7.4.6 Cámara de desaireación**

Posteriormente, a auga pasa a unha cámara de desaireación, na cal se separa calquera gas disolto na auga, que ascenden ata o tanque de expansión de alta temperatura, situado nunha cuberta alta da sala de máquinas, e ao cal está conectado por unha tubaxe pola parte superior. Ademais, pola parte inferior da cámara de aireación existe unha segunda conexión ao tanque de expansión de alta temperatura que permite que este absorba as dilatacións que poida sufrir o volume de auga de refrixeración cos cambios de temperatura debido, entre outros factores, ás zonas de navegación que repercuten na temperatura de toda a sala de máquinas, e na temperatura de auga salgada de refrixeración. Os tanques de expansión tamén teñen a función de manter sempre unha presión positiva na aspiración das bombas.

Por último, cabe destacar que tras a cámara de aireación existe unha conexión coa saída de auga de refrixeración do motor principal, coa a única función de desviar unha parte do caudal para ser usado de Tracing, ou fluído calefactor de acompañamento para certos condutos do circuíto de combustible de Fuel-Oil situados no entorno dos inxectores.

Despois da cámara de aireación, aspiran directamente as bombas de refrixeración de auga de camisas, polo que queda totalmente definido este circuito cerrado de refrixeración de alta temperatura.

## 8 CONSUMOS DE AUGA NO BUQUE

Para facer unha boa aproximación da auga que consumida a bordo deste tipo de buque detallaranse a continuación os principais consumidores de auga:

- Auga de consumo da tripulación: (de media, cada día 200L/persoa aprox.)
  1. Auga consumida para beber
  2. Ducha e hixiene dos tripulantes
  3. Auga dos sanitarios
  4. Auga das lavadoras de roupa da tripulación
- Auga de consumo nas cociñas: (de media, cada día 1500L aprox.)
  1. Auga usada para cociñar
  2. Tarefas de lavado de pratos e cubertos de almorzo, xantar e cea
- Auga usada en traballos na habilitación e cuberta: (de media, cada día 800L)
  1. Limpezas rutineiras da habilitación
  2. Lavadoras industriais dos buzos de traballo
  3. Baldeos de cuberta e máquinas de lavado a presión
- Auga empregada en traballos na sala de máquinas: (de media, cada día 2500L)
  1. Traballos de baldeo e limpeza na sala de máquinas
  2. Recheo diario de tanques dos xeradores de auga doce
  3. Auga consumida nas 8 depuradoras de aceite e fuel
  4. Limpeza do eductor e do tanque da planta séptica
  5. Limpeza de turbocompresores dos 4 motores auxiliares
  6. Limpeza a contrafluxo dos economizadores
  7. Outros consumidores de auga da sala de máquinas

Como conclusión, o consumo real de auga doce diario neste tipo de buque, con 26 tripulantes, pódese aproximar en 10.000 L/día.

## 9 FUNCIONAMENTO DO XERADOR DE AUGA DOCE

### 9.1 Despece do xerador de auga doce

Os xeradores de auga doce de intercambiadores de placas constan das seguintes partes:

#### 9.1.1 Carcasa bastidor

O xerador consiste nun recipiente hermético altamente resistente ás presións negativas. Conta con dúas cámaras independentes, unha superior e outra inferior, como se pode apreciar na figura 9.1.1. Están conectadas unicamente por un orificio, no que se encontra un elemento filtrante, denominado demister, o cal ten a función de permitir o paso á cámara superior do vapor de auga, pero filtrando as gotiñas de auga que intenten pasar canda o vapor, xa que esta auga líquida contén sales disoltas que aumentarían a salinidade da auga doce producida.



*Figura 9.1.1 – Interior dun xerador de auga doce “Alfa Laval” [17]*



### **9.1.2 Cámara superior**

A cámara superior conta cun intercambiador de calor, de placas de titanio, chamado condensador, que ten a función de absorber calor do vapor de auga para que condense. Consiste nun intercambiador pechado, onde o fluído frío é auga de mar e o fluído quente é o vapor de auga.

### **9.1.3 Cámara inferior**

A cámara inferior é outro intercambiador de calor, e consiste tamén nun intercambiador de placas de titanio, e ten por función ceder calor á auga salgada de alimentación para provocar a súa vaporización. O fluído quente é auga de refrixeración do circuíto de auga de camisas do motor principal, aínda que existen versións nas que o fluído quente é vapor, especialmente nos buques de propulsión a turbina de vapor. O fluído frío é auga de mar de alimentación.

### **9.1.4 Eductor**

Ambas as cámaras contan cunha conexión a un eductor, a da cámara superior, situada na parte alta da mesma. A súa función é permitir que o eductor aspire continuamente, para que se forme baleiro dentro do xerador. Esta tubaxe conta cunha mira de cristal que permite ver se pasa auga por ela, indicador moi útil de que se está xerando auga doce cando se arranca o evaporador. A tubaxe inferior, situada na parte máis baixa da cámara, ademais de permitir que se forme o baleiro, ten a función adicional de aspirar as sales que van precipitando no fondo da cámara a medida que se vaporiza auga. Ademais, o eductor conta cunha válvula adicional de drenaxe na súa parte inferior para drenar a auga que quede no seu interior cando o xerador non estea funcionando.

### **9.1.5 Válvula ruptora do baleiro**

A carcasa conta cunha pequena válvula ruptora de baleiro que permite conectar o interior das cámaras co exterior, para que se iguale a presión interna coa da sala de máquinas, cando o xerador estea parado.

### 9.1.6 Reloxos

No xerador de auga doce están presentes varios reloxs en diferentes lugares que indican temperaturas e presións, valores que se toman no parte diario. Estes son temperaturas de entrada e saída do evaporador, presións de aspiración e descarga de cada bomba, depresión dentro do xerador e presión da auga de alimentación.

### 9.1.7 Circuito da Química

Cada xerador conta cun pequeno sistema de dosificación de química que ten un dobre obxectivo: por un lado, evitar que os sales da auga salgada queden adheridos nas superficies intercambiadoras de calor dos evaporadores e, por outro, facer de antiespumante, evitando así que as espumas, que podendo ser portadoras partículas de sal, pasen á cámara do condensador. Esta química para xeradores de auga doce consiste xeralmente nun concentrado químico de certos polímeros e axentes antiespumantes.

O circuito da química é moi sinxelo. Cada xerador conta cun pequeno tanque de polietileno de 60L de capacidade e, na parte superior, ten unha tapa pola cal se lle pode engadir a química. Dispón tamén dunha pequena tubaxe pola que chega auga doce xerada da saída do evaporador, e dunha válvula que permite encher o tanque cando se requira, sempre que estea o evaporador arrincado. Esta operación adóitase facer de xeito rutineiro sempre á mesma hora.

A dosaxe para un xerador de 20 m<sup>3</sup>/día corresponde a 600 ml de química disolta en 40L de auga no tanque [17].

Outra pequena tubaxe a modo de saída permite a saída da auga con química do tanque. Un dosificador permite seleccionar o caudal desexado de química que vai entrar no xerador nun valor entre 0 e 100 ml/min. Logo, a través dunha válvula únese coa entrada principal de auga de alimentación, que consiste nunha tubaxe dunha sección moito maior, pola cal entra a auga salgada que se vai vaporizar. Deste xeito, a auga de alimentación aspira da tubaxe da química por efecto venturi, provocando un fluxo para a cámara do evaporador de auga con química

xunto coa auga de alimentación. Unha válvula de macho permite illar a química do circuíto principal.

#### **9.1.8 Sistema de control da salinidade**

Un salinómetro que mide a cantidade de sales disoltos na auga xerada en ppm, enviando esta información á unidade de control da salinidade, dando alarma se este valor supera un valor de 15 ppm. Se este valor supera os 25 ppm, a unidade de control dá a orde de apertura a unha válvula solenoide facendo que a auga doce que sae do evaporador volva entrar na cámara primaria para volver a ser vaporizada de novo. Estes valores poden ser variados na pantalla da unidade de control de salinidade [18].

## 9.2 Funcionamento do xerador de auga doce

O xerador de auga doce –ou “evaporador”, como se denomina comunmente a bordo–, basea o seu funcionamento na vaporización da auga salgada, ao transferirlle calor dun fluído quente, provocando a súa vaporización e separando así a auga dos sales que tiña disoltas. Consiste nun proceso baseado na destilación, pero no que o fluído que se vai vaporizar está nunha cámara con presión negativa, provocando así que a calor precisa para efectuar a vaporización sexa menor.

O seu funcionamento é o seguinte:

Unha bomba, situada na cuberta inferior da sala de máquinas, envía auga auga salgada –que aspira do colector principal de auga salgada, cun caudal de  $44\text{m}^3/\text{h}$ – ata o xerador de auga doce. Unha vez nel, entra no condensador a unha temperatura aproximada de  $32^\circ\text{C}$  (variando un pouco en función da temperatura do mar nas augas nas que se naveguen), e sae a uns  $43^\circ\text{C}$ . A seguir, entra no eductor, e sae descargándose de novo ao mar, provocando que se produza o baleiro dentro das cámaras, grazas á aspiración que se realizada polo efecto Venturi a través das conexións antes mencionadas.

Cabe ter en conta que neste tipo de buque, as bombas de auga salgada dos xeradores de auga doce adoitan ser un consumidor eléctrico de tipo non imprescindible, polo que en caso de caída de planta, a bomba pararase, pero o fluxo de auga de refrixeración dos motores continuará debido a que todos os elementos deste circuíto son de tipo imprescindible. Como consecuencia disto, o xerador ficará sen refrixeración, pero seguirá pasando por el fluído calefactor, e pode sobrequeitarse o equipo, polo que o oficial encargado deberá apresurarse en volver a arrincar a bomba de auga salgada.

Antes da entrada no eductor, unha pequena parte do caudal que sae do condensador de  $2.75\text{m}^3/\text{h}$  aproximadamente, entran na cámara na cámara inferior para ser vaporizada. Este valor é regulable mediante a válvula de regulación de caudal de auga de alimentación.

Trátase da auga de alimentación, que como se explicou antes, xa absorbeu certa cantidade de calor durante o seu paso previo polo condensador, polo que se vai necesitar menos cantidade de enerxía para vaporizala. Entra a uns 43°C.

A auga salgada de alimentación entra na cámara inferior e vaise acumulando no fondo da cámara. Por dentro do intercambiador do evaporador circula auga de camisas, a un fluxo de 35m<sup>3</sup>/h, entrando a 88°C e saíndo a 73°C, cedendo a súa calor á auga de alimentación. Debido á situación de baleiro que hai dentro do xerador (0.092 bar aprox.), a auga vaporiza aproximadamente a 50°C e pasa en estado de vapor sobrequeado a uns 54°C á cámara superior a través do demister. As sales fican na cámara inferior, disoltas na auga que queda nela, e precipitando ao fondo da cámara a medida que se satura a auga de alimentación, onde son aspiradas polo eductor. Parte da auga de alimentación que entra da cámara do evaporador é aspirada pola toma inferior ao eductor, polo que non toda a auga salgada que entra no xerador se vaporiza.

Xa na cámara superior, o vapor cede calor ao intercambiador, condensando e sendo recollido por unha bandexa e acumulándose nela a uns 43°C. Unha bomba de auga doce aspíraa e envíaa aos tanques de auga doce a través dun contador. Esta bomba non debe funcionar en seco, polo que é imprescindible arrincala cando se teña a certeza de que xa se está xerando auga.

A cantidade de auga xerada varía principalmente en función de varios motivos/parámetros: a temperatura da auga do mar, a regulación que se faga do equipo, o limpas que se encontren as placas dos intercambiadores de calor e as tubaxes do equipo en xeral.

## **9.3 Manipulación do xerador de auga doce**

### **9.3.1 Comprobacións iniciais**

Antes de manipular o sistema, realizaranse as seguintes comprobacións:

1. As válvulas de entrada e saída de auga de camisas están pechadas e o by-pass ao evaporador está aberto.
2. A válvula de ruptor de baleiro está pechada.
3. A válvula de auga de alimentación do evaporador está pechada.
4. A válvula de drenaxe do eductor está pechada.
5. As válvulas de entrada e saída do condensador están pechadas.
6. O tanque da química está cheo e coa cantidade óptima de química disolta na auga, e a válvula de alimentación de química ao xerador está pechada.

### **9.3.2 Proceso de arranque**

Para arrancar a planta, seguiranse estas pautas:

1. Abrir válvulas de succión e descarga do eductor e arrincar a bomba de auga salgada.
2. Agardar a que dentro do xerador haxa un baleiro do 92%.
3. Abrir a válvula de auga de alimentación ao evaporador.
4. Abrir as válvulas de entrada e saída de auga de calefacción ao evaporador. Cómpre realizar esta apertura moi progresivamente para evitar o choque térmico. Cerrar tamén progresivamente a válvula de by-pass ata un valor determinado.
5. Un descenso no baleiro ata un 85% indicará que a vaporización está comezando.
6. Abrir a válvula de alimentación da química e seleccionar o fluxo correcto no dosificador.
7. Cando se vexa auga na mira de cristal de inspección na liña de succión de aire do eductor, pódese proceder a abrir as válvulas de aspiración e descarga da bomba de auga doce, e posteriormente proceder a arrincala.

8. Comprobar que todos os parámetros son correctos e realizar unha regulación das válvulas da calefacción se é necesario a medida que se estabilizan as temperaturas.

### **9.3.3 Proceso de parada**

Para parar a planta, seguiranse as seguintes pautas:

1. Abrir lentamente de todo a válvula de by-pass da calefacción.
2. Cerrar progresivamente a entrada e saída de auga de calefacción ao evaporador.
3. Cerrar a válvula de alimentación da química.
4. Parar a bomba de auga doce.
5. Permitir que o xerador se siga refrixerando ata baixar dos 50°C, e entón pechar a válvula de auga de alimentación.
6. Parar a bomba de auga salgada.
7. Pechar as válvulas de aspiración e descarga do eductor.
8. Abrir a válvula de ruptor de baleiro.
9. Pechar as válvulas de aspiración e descarga da bomba de auga doce.
10. Abrir a válvula de drenaxe do eductor.

## 10 PROPOSTA DE MELLORA

### 10.1 Introducción

A solución que se propón consiste en crear un novo circuito de aporte calórico para así poder alimentar o evaporador do xerador de auga doce de estribor. Este aporte enerxético provén dunha parte do caudal de auga doce do circuito auxiliar de refrixeración centralizado de estribor. Deste xeito, pódese aproveitar a calor residual deste circuito e permitindo así o funcionamento dun xerador de auga doce sempre en situación de fondeo.

Como xa se explicou no apartado 7.3, o circuito auxiliar de refrixeración centralizado divídese en dous circuitos similares, pero independentes: o de babor e o de estribor. A medida de solución será realizada sobre o circuito de estribor exclusivamente, pois é suficiente con arrincar un xerador de auga doce en situación de fondeo para suplir o déficit de produción. No entanto, este proxecto tamén é aplicable ao circuito de babor, polo que, se for o caso, poderíase realizar nese circuito, ou tamén nos dous.

Tras a aplicación desta mellora o buque poderá xerar auga en dous modos distintos e diferenciados de funcionamento:

- Modo Navegación: Trátase do modo xa existente de funcionamento. Para que cada xerador funcione ten que estar arrincado o motor principal da súa banda.
- Modo Fondeo: Neste novo modo o buque poderá xerar auga doce en situación de fondeo, exclusivamente co xerador de auga doce de estribor. Para que funcione, ten que estar arrincado o motor auxiliar nº1, o motor auxiliar nº2, ou ambos.

Cabe mencionar que aplicando esta solución, vai existir contacto entre a auga do circuito de refrixeración de camisas dos principais, e a auga do circuito auxiliar de refrixeración. Isto producirase por unha ínfima cantidade de auga dentro do evaporador do xerador de auga doce, durante a manobra de cambio de modo fondeo a modo navegación e non terá ningunha consecuencia negativa, pois



trátase da mesma auga, cos mesmos aditivos, como xa se mencionou no apartado 7.

O circuío auxiliar de refrixeración de estribor conta con máis de 20 elementos que lle ceden calor – como se detallou no punto 7.2– entre eles dous motores auxiliares. A calor que aportan todos estes sistemas cédese ao circuío de auga salgada a través dos enfriadores principais. A solución aportada, dende o punto de vista termodinámico, consiste en engadir outro consumidor de calor, é dicir, outro elemento que absorba calor do circuío auxiliar de refrixeración a maiores dos enfriadores principais, nos cales a calor se desperdicia vertendo a auga salgada ao mar.

Este consumidor de calor é o xerador de auga doce, que para funcionar correctamente precisa dun aporte de calor de 600kW [19].

O circuío aportado como solución –explicado detalladamente a continuación, e tamén na sección de planos– permitirá alimentar o evaporador coa auga do motor da banda de estribor que estea arrincado nese momento, sexa o motor nº1 ou o motor nº2. Ademais, permitirá a opción de alimentalo coa auga de ambos os motores simultaneamente, que será a opción realmente usada, pois durante situación de fondeo contarase con polo menos dous motores auxiliares arrincados.

## 10.2 Explicación detallada do circuito hidráulico

### 10.2.1 Sistema de alimentación de auga

No tubo de saída de auga de alta temperatura dos motores auxiliares 1 e 2, xusto despois da válvula antirretorno, situarase unha válvula de tres vías reguladora de caudal por cada motor, similar á que mostra a figura 10.2.1.1, para extraer certo caudal de auga que redirixirase ao novo circuíto. (Ver plano 6)



*Figura 10.2.1.1 – Detalle da válvula de tres vías [20]*

Usaranse dúas válvulas iguais, VR1 e VR2 –unha por cada motor auxiliar–, con estas características [20]:

- Marca: Ornibox
- Modelo: 3V
- Material: Aceiro Inoxidable
- DN: 80
- Presión máxima: 30 bar
- Función: Desviadora de caudal
- Estándar: EN1092 PN10 y ANSI B16.5 (clase 150)

Para a colocación desta válvula será necesario: parar o motor, permitir o enfriamento, illar ese tramo do resto do circuíto e realizar as comprobacións oportunas, proceder ao corte da tubaxe, e a soldadura de unións en brida aos dous extremos do tubo que se acaban de cortar, similares ás da figura 10.2.1.2. Tras este traballo, quedará entre as dúas bridas o oco exacto no que irá situado a válvula, que irá colocada entre as dúas novas unións embridadas, coas correspondentes xuntas e par de aprete idóneo [21].



*Figura 10.2.1.2 – Unión en brida para soldar [21]*

Empregaranse 24 bridas planas especiais para soldar ás tubos e poder acoplar correctamente toda a tubaxe do sistema. As bridas serán todas iguais e terán as seguintes características:

- Tipo: Brida plana para soldadura
- Modelo: PN-10
- DN: 80
- Peso: 3.79 Kg
- Trades: 8 x M16
- Diámetro máximo: 200 mm
- Estándar: DIN-2576

Por unha das saídas desta nova válvula a auga continuará o seu camiño deica o colector do circuíto principal centralizado de auga doce de refrixeración.

Pola outra saída, extraeráse un caudal regulado, que tras pasar por unha válvula antirretorno como a da figura 10.2.1.3, pasará a unirse co caudal do outro motor auxiliar, extraído do mesmo xeito [22].



*Figura 10.2.1.3 – Detalle da válvula antirretorno [22]*

Usaranse tres válvulas iguais , AR1, AR2 e ARs –unha por cada motor auxiliar, e outra para o circuíto de retorno–, coas seguintes características:

- Marca: New-Flow
- Modelo: SC1
- Material: Aceiro Inoxidable CF8M
- Tipo: Clapeta
- DN: 80
- Presión máxima: 40 bar
- Función: Antirretorno
- Estándar: ISO 9001

A saída desta unión será a alimentación de auga calefactora do novo sistema para alimentar o evaporador do xerador de auga doce.

### 10.2.2 Sistema de regulación de caudal de entrada ao evaporador

Ao igual que o sistema co que xa contaba o circuíto antes da mellora, o novo sistema de alimentación de auga ao evaporador contará cun grupo de tres válvulas similares ás da figura 10.2.2, que servirán para unha correcta regulación do caudal de auga que pasa a través do intercambiador.

Ben é certo que coas válvulas de tres vías mencionadas antes se pode tamén regular o caudal, pero estas válvulas, situadas in situ a carón do xerador, permitirán unha regulación máis precisa, controlando as temperaturas e o caudal e facilitando así unha apertura lenta para adaptar termicamente o xerador cada vez que se arrinca ou se para.

Estas tres válvulas son: (Ver plano 6)

- Válvula de regulación do caudal da auga de entrada
- Válvula de regulación do caudal da auga de saída
- Válvula de regulación de caudal de By-pass

Todas estas válvulas serán de accionamento manual, de tipo bolboreta. Contarán cun trinquete de encravamento e con diferentes rañuras nas que ao encravarase o trinquete, corresponderán de forma intuitiva cunha porcentaxe real de apertura da válvula, para que o operario coñeza o grao de apertura de cada válvula.



*Figura 10.2.2 - Detalle de válvula reguladora de caudal [23]*

Para a regulación do caudal de entrada, usaranse tres válvulas iguais, VRe, VRs e VBP, coas seguintes características [23]:

- Marca: Ebro Armaturen
- Modelo: M015-A
- Material: Aceiro Inoxidable
- Tipo: Bolboreta
- DN: 80
- Presión máxima: 16 bar
- Función: Reguladora de caudal
- Estándar: DVGW (Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches)

Tras pasar a válvula de regulación do caudal de entrada, a tubaxe únese mediante unha brida a unha bifurcación situada na liña de entrada de auga ao evaporador.

Esta bifurcación será unida ao tubo de entrada de auga ao evaporador mediante unión en brida tamén, sendo necesario para esta operación realizar un corte dun tramo de tubo do mesmo tamaño que o da bifurcación que se vai situar nela, máis o tamaño de dúas bridas. Isto é debido a que se lle deixa o espazo necesario para as bridas que se van soldar a ambos extremos do corte. (Ver plano 7)

A mesma operación será realizada na liña de saída de auga do evaporador, que tamén mediante unha bifurcación permitirá distribuír o caudal de saída de auga do evaporador ao novo sistema. A continuación, o caudal pasará a través da válvula de regulación de auga á saída. A tubaxe unirase a esta válvula mediante unha brida.

Tras o sistema de válvulas de regulación, o caudal de saída únese co caudal by-passeado mediante bifurcacións similares ás que se acaban de mencionar.

(Ver plano 7)

Unha vez xuntos, os dous caudais retornan, a través dunha válvula antirretorno, ao circuíto de auga de refrixeración auxiliar centralizado de auga doce, é dicir, segue o seu camiño polo mesmo sitio por onde tería seguido se non se tivera extraído, e a unha temperatura do mesmo orde á que circula por esa tubaxe, polo que non habería ningún tipo de estrés térmico.

### 10.2.3 Elementos de visualización de parámetros de control

Como tamén sucede co sistema de regulación do evaporador cando funciona en modo navegación, contarase con dous reloxo indicadores de temperatura –un á entrada, e outro á saída de auga do evaporador–, similares aos da figura 10.2.3.1, para poder efectuar unha boa regulación, especialmente durante os momentos de arranque e parada do xerador.



*Figura 10.2.3.1 – Termómetro bimetálico analóxico [24]*

Usaranse dous reloxo iguais,  $T_e$  e  $T_s$ , con estas características:

- Marca: Omega
- Modelo: BB series
- Material: aceiro Inoxidable
- Tipo: analóxico bimetálico
- Rango de temperaturas:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$
- Función: indicador de temperatura
- Estándar: ISO 9001



A maiores, neste caso o sistema contará cun caudalímetro como o da figura 10.2.3.2, na liña de entrada de auga ao evaporador para poder regular con maior precisión o fluxo de auga que entra ao sistema [24].



*Figura 10.2.3.2 – Detalle de caudalímetro electromagnético [24]*

Usarase un caudalímetro á entrada ao evaporador, coas seguintes características:

- Marca: ABB
- Modelo: FSM4000
- Material: Aceiro Inoxidable
- Tipo: Electromagnético
- DN: 80
- Presión máxima: 40 bar
- Función: Indicador de caudal
- Estándar: ISO 9001

### 10.2.4 Tubaxes

Todas as tubaxes usadas neste circuíto serán de iguais características:

- Serán dun diámetro DN80. Esta selección foi levada a cabo baseándose en que será apropiada para o caudal de auga que necesita o evaporador, de arredor de  $35\text{m}^3/\text{h}$  [25].
- O material do que estarán feitas todas as tubaxes que se usarán neste proxecto será un aceiro ao carbono para servizos de auga a presión, cunha resistencia mínima á tracción de  $370\text{N}/\text{mm}^2$ , equivalente a  $38\text{Kgf}/\text{mm}^2$ . Usarase en concreto o aceiro JIS G3453 [26].

### 10.3 Nomenclatura para o sistema de válvulas

O sistema de válvulas contará coa seguinte nomenclatura no presente traballo:

- VR1: Válvula de 3 vías reguladora de entrada de caudal dende o motor auxiliar 1
- AR1: Válvula antirretorno para o caudal procedente do motor auxiliar 1
- VR2: Válvula de 3 vías reguladora de entrada de caudal dende o motor auxiliar 2
- AR2: Válvula antirretorno para o caudal procedente do motor auxiliar 2
- VBP: Válvula reguladora de caudal a través do By-Pass
- VRe: Válvula reguladora do caudal na entrada do evaporador
- VRs: Válvula reguladora do caudal na saída do evaporador
- ARs: Válvula antirretorno para o caudal de saída do sistema

## **10.4 Manipulación do xerador de auga doce tras a instalación do novo sistema**

### **10.4.1 Manipulación en Modo Navegación**

#### **10.4.1.1 Comprobacións iniciais**

Similar ao arranque antes da mellora (Ver apartado 9.3 “Manipulación do xerador de auga doce”), pero engadindo as seguintes comprobacións iniciais:

- Comprobar que as válvulas VR1, VR2, VRe e VRs están totalmente pechadas.
- Comprobar que a válvula VBP está totalmente aberta.

#### **10.4.1.2 Arranque da planta**

Similar ao arranque antes da mellora (Ver apartado 9.3 “Manipulación do xerador de auga doce”).

#### **10.4.1.3 Parada da planta**

Similar ao arranque antes da mellora (Ver apartado 9.3 “Manipulación do xerador de auga doce”).

## **10.4.2 Manipulación en Modo Fondeo**

### **10.4.2.1 Comprobacións iniciais**

Antes de manipular o sistema realizar as seguintes comprobacións iniciais:

- A válvula de ruptor de baleiro está pechada.
- A válvula de auga de alimentación do evaporador está pechada.
- A válvula de drenaxe do eductor está pechada.
- As válvulas de entrada e saída do condensador están pechadas.
- O tanque da química está cheo e coa cantidade óptima de química disolta na auga e a válvula de alimentación de química ao xerador está pechada.
- Válvulas de entrada e saída do evaporador ao circuíto de auga de refrixeración de camisas do motor principal totalmente pechadas, e o seu by-pass totalmente aberto.
- Válvula VBP totalmente aberta.
- Válvulas VRe e VRs totalmente pechadas.
- Válvulas VR1 e VR2 totalmente pechadas.

### **10.4.2.2 Arranque da planta**

Os pasos para a correcta manobra de arranque da planta son:

1. Se os motores auxiliares 1 e 2 están arrincados, abrir as válvulas VR1 e VR2 ao 50%. Se só está arrincado un deles, abrir só a válvula do motor correspondente un 90%. Realizar esta apertura moi lentamente para evitar estrés térmico. Comezará a circular auga quente polo novo circuíto, pero non polo evaporador, senón que retornará polo by-pass que se atopa totalmente aberto.
2. Abrir válvulas de succión e descarga do eductor e arrincar a bomba de auga salgada.
3. Agardar a que dentro do xerador haxa un baleiro do 92%.
4. Abrir a válvula de auga de alimentación ao evaporador.
5. Abrir as válvulas de entrada e saída de auga de calefacción ao evaporador VRe e VRs. Realizar esta apertura moi progresivamente para

evitar choque térmico. Pechar tamén progresivamente a válvula de by-pass VBP ata un valor determinado. Realizar esta regulación de forma progresiva ata que o caudalímetro marque un valor de  $36\text{m}^3/\text{h}$ . (Ver o apartado de cálculos).

6. Un descenso no baleiro ata un 85% indicará que a vaporización está comezando.
7. Abrir a válvula de alimentación da química e seleccionar o fluxo correcto no dosificador.
8. Cando se vexa auga na mira de cristal de inspección na tubaxe de succión de aire do eductor, pódese proceder a abrir as válvulas de aspiración e descarga da bomba de auga doce, e posteriormente proceder a arrincala.
9. Comprobar que todos os parámetros son correctos e realizar unha regulación das válvulas da calefacción se é necesario a medida que se estabilizan as temperaturas.

#### **10.4.2.3 Parada da planta**

Para a correcta manobra de parada da planta seguir os seguintes pasos:

1. Abrir lentamente a válvula de by-pass VBP ata o máximo.
2. Cerrar progresivamente as válvulas VRe e VRs.
3. Cerrar a válvula de alimentación da química.
4. Parar a bomba de auga doce.
5. Permitir que o xerador se siga refrixerando ata baixar dos  $50^{\circ}\text{C}$ , e entón pechar a válvula de auga de alimentación.
6. Parar a bomba de auga salgada.
7. Pechar as válvulas de aspiración e descarga do eductor.
8. Abrir a válvula de ruptor de baleiro.
9. Pechar as válvulas de aspiración e descarga da bomba de auga doce.
10. Abrir a válvula de drenaxe do eductor.
11. Cerrar totalmente as válvulas VR1 e VR2.
12. Abrir totalmente a válvula VBP.

### 10.4.3 Cambio de Modo Navegación a Modo Fondeo sen parar planta

Para realizar esta tarefa con seguridade cómpre seguir estas instrucións:

1. Comprobar que a válvula VBP está aberta totalmente.
2. Se os motores auxiliares 1 e 2 están arrincados, abrir as válvulas VR1 e VR2 ao 50%. Se só está arrincado un deles, abrir só a válvula do motor correspondente un 90%. Realizar esta apertura moi lentamente para evitar estrés térmico. Comezará a circular auga quente polo novo circuito, pero non polo evaporador.
3. Abrir totalmente o by-pass da auga de calefacción que provén do circuito de auga de refrixeración de camisas do motor.
4. Pechar lentamente as válvulas de entrada e saída do evaporador ao circuito de auga de refrixeración de camisas do motor principal.
5. Abrir lentamente as válvulas VRe e VRs e pechar a válvula VBP ata que o caudalímetro marque un valor de  $36\text{m}^3/\text{h}$ . (Ver o apartado de cálculos).
6. Aceptar a alarma de alta salinidade, se for o caso.

### 10.4.4 Cambio de Modo Fondeo a Modo Navegación sen parar planta

Para realizar esta tarefa con seguridade cabe seguir estas instrucións:

1. Comprobar que o by-pass da auga de calefacción que provén do circuito de auga de refrixeración de camisas do motor principal está totalmente aberto.
2. Abrir válvula VBP totalmente.
3. Pechar válvulas VRe e VRs lentamente.
4. Abrir lentamente as válvulas de entrada e saída do evaporador ao circuito de auga de refrixeración de camisas do motor principal, e pechar lentamente o seu by-pass.
5. Pechar totalmente as válvulas VR1 e VR2.

Aceptar alarma de salinidade se é o caso.

### **10.5 Comprobacións previas ao uso do novo sistema**

Unha vez finalizada a instalación deste novo sistema, é preciso que se realicen unha serie de probas de funcionamento coa intención de que todo estea correctamente ensamblado, de que o funcionamento do sistema sexa óptimo e de familiarizarse co sistema adoptando diferentes regulacións, ata aproximarse ao valor idóneo

Estas probas tamén servirán para determinar con máis exactitude canto hai que abrir cada válvula reguladora para que o sistema funcione en cada caso, é dicir, que porcentaxe das válvulas VR1, VR2, VBP, VRe e VRs hai que abrir para cada situación: funcionamento co motor auxiliar nº1, funcionamento co motor auxiliar nº2 ou funcionamento con ambos motores.

## **11 ANÁLISE DOUTRAS POSIBLES SOLUCIÓN**

### **11.1 Uso de vapor como fluído calefactor**

Unha solución que estudada inicialmente foi a da posibilidade de usar vapor como fluído calefactor do xerador de auga doce, baseándose no funcionamento deste tipo de xeradores nalgúns buques turbineiros, pois así poderíase xerar auga doce sempre que algunha caldeira auxiliar do buque estivese arrincada. Isto solucionaría o problema de non poder producir auga doce en situación de fondeo.

Non obstante, esta alternativa ten un gran inconveniente: precisa queimar combustibles fósiles para obter a calor necesaria para xerar auga doce. Este feito foi motivo de descarte inmediato desta solución, posto que se está a procurar é unha solución eficiente que non provoque unha contaminación maior á existente antes da mellora e, asemade, que permita aproveitar calores residuais.

### **11.2 Aproveitamento do calor residual dos gases de escape dos motores auxiliares**

Outra posible solución que se estudou seriamente foi a do aproveitamento da calor residual dos gases de escape dos motores auxiliares. Estase a falar dunha inmensa cantidade de enerxía totalmente desaproveitada que se desprende á atmosfera e que, á diferenza dos gases de escape dos motores propulsores, non se aproveita. Esta enerxía cedida á atmosfera, de estaren os 4 motores auxiliares arrancados, sería de 3994 kW. (Ver o apartado de cálculos).

Ao principio buscouse un xeito de recoller esa calor. A priori, un simple circuío hidráulico cun intercambiador de calor parecía a mellor idea. A auga aspirada por unha bomba eléctrica, sería impulsada a través dunha válvula termostática que regulase a temperatura grazas a un controlador, e pasaría por un intercambiador onde se realizaría a transferencia de calor, que permitiría recoller enerxía dos gases de escape que sería cedida máis tarde no evaporador do xerador de auga doce.



Non obstante, a medida que se profundizaba nesta idea empezaron a xurdir as limitacións desta proposta que semellaba simple:

### **11.2.1 Ubicación do intercambiador**

O primeiro factor a tratar é a colocación do intercambiador nos escapes. Hai que ter en conta a arquitectura dos escapes dos motores e ver a que altura se xuntan os escapes, se é que o fan, nun denominado “pantalón”.

Colocar o intercambiador máis abaixo permite unha maior simplicidade do circuíto, menor lonxitude de tubos e menos cubertas que atravesar coas mesmas, diminuindo así o esforzo da bomba e as perdas. Porén, isto presenta unha gran desvantaxe: a necesidade de que un motor en concreto estea arrincado para poder aproveitar a enerxía dos seus escapes, o que se traduce en que nun fondeo de longa duración, teríase que ter sempre o mesmo motor arrincado, traendo como consecuencia un desgaste moito maior do mesmo en comparación cos outros tres motores auxiliares cos que conta este tipo de buque.

Pola contra, situar o intercambiador máis arriba, onde se unan os escapes dos dous motores dunha mesma banda, permite xa xogar cunha maior flexibilidade, e se se pode situar onde se unan os catro escapes, xa non habería que escoller un motor en concreto para ter arrincado en situación de fondeo para xerar auga doce, pois valería con ter calquera motor arrincado. Non obstante, o punto de unión dos catro escapes, se existe, adoita encontrarse nunha cuberta das máis elevadas do buque, o que complicaría moito o deseño da tubaxe ata chegar ao xerador de auga doce, que acostuma atoparse en cubertas moito máis inferiores do buque. Este factor complicaría moito o deseño desta solución.

### **11.2.2 Recío ácido**

Outro punto a ter en conta serían as temperaturas de escape, pois a proposta estaría limitada polo recío ácido. Se se extrae demasiada enerxía dos gases de escape, estes poden chegar a condensar a auga que conteñen e provocar que se disolva nela o xofre dos óxidos de xofre que conteñen os gases de escape, produto de combustións de combustibles fósiles con xofre como o HFO, MDO e

en menor medida o LSHFO e o MGO. Cando isto se produce, aparece unha substancia altamente corrosiva, o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), que pode ter efectos moi negativos para as instalacións, neste caso para as chemineas, e calquera elemento anexo a elas, como o antes citado intercambiador.

A conclusión disto é que a cantidade de enerxía que se pode aproveitar dos escapes é limitada pola temperatura dos escapes á saída do intercambiador. Aínda que estes motores auxiliares son dual fuel e poden consumir un combustible sen xofre como é o caso do LNG, para o deseño desta instalación que se está a describir, habería que facer os cálculos co combustible que teña máis contido en xofre, que neste caso sería o HFO, porque así teríase garantido que o resto de combustibles nunca ían chegar a producir o recio ácido.

### 11.2.3 Funcionamento en modo navegación

O terceiro punto que contempla o estudo desta instalación consiste en estudar o comportamento da hipotética instalación cando o buque non estea en situación de fondeo, senón navegando en situación normal.

Neste caso, xerar auga coa enerxía residual de auga de camisas dos motores principais sería o máis lóxico, pois é como está deseñada a instalación dende un principio, e non facelo implicaría que o circuíto de refrixeración deixase de ter un importante consumidor de calor, o que pode repercutir en dificultades para refrixerarse en determinadas situacións. Polo tanto, xorde un novo problema, pois o que pasaría é que a auga do circuíto deseñado podería seguir a absorber calor, pero sen poder cedela no evaporador, polo que chegaría a temperatura de ebulición e podería provocar danos na instalación, de modo que habería que procurar unha nova solución a este problema.

Esta solución podería ser introducir outro intercambiador de calor nun foco frío cando non se utilice a instalación auxiliar para xerar auga doce, o cal implicaría seguir usando a bomba eléctrica co conseguinte consumo de enerxía e complexidade da instalación.

Outra posible solución sería extraer dalgún xeito o intercambiador de calor situado nos escapes, mais a instalación sería demasiado complexa ou requiriría

demasiados mantementos que non compensarían a comodidade de xerar auga doce fondeados.

Como conclusión, esta solución non é tan sinxela como parecía a priori, polo que se procede a descartala por falta de viabilidade, aínda que sería digna de volver a formulala nun futuro como solución a outros problemas a bordo deste tipo de buques.

## 12 CONCLUSIÓNS

Observando os resultados do presente proxecto, pódese sinalar que os coñecementos adquiridos durante os estudos do Grao en Tecnoloxías Mariñas pola UDC, diferentes cursos requiridos para o embarque e tamén o período de prácticas como alumno de máquinas a bordo dun buque, ofrecen unha visión global do que é tecnicamente falando un buque, e especialmente unha sala de máquinas, sexa da índole que sexa, e capacitan para formular solucións a problemas do día a día nunha sala de máquinas, que será o noso traballo no día de mañá. Comprobar que así é con este traballo, fai que se asimile realmente a importancia desta nobre profesión. Convértese no verdadeiro espírito dun oficial de máquinas.

O “Traballo de Fin de Grao” é unha nova experiencia na que existe a oportunidade de demostrar os coñecementos aprendidos durante os últimos anos. Non é unha simple materia común para todos os grados, non son uns meros créditos da carreira. Nada máis lonxe deso. É a oportunidade de facer un proxecto propio, co teu nome na portada, cousa que mesmo ás veces parece difícil de assimilar. É unha ocasión para investigar a fondo un tema que che guste, que che apaixone, do que che sexa útil posuír eses coñecementos no futuro, e que non esquecerás por ter entrado tan a fondo neles. É o momento no cal podes xuntar coñecementos específicos de diferentes ámbitos para que todos xuntos formen un puzzle a longo prazo, que se converterá no proxecto final, forxándoo día a día lentamente. O feito de chegar á universidade e sentirte un investigador por primeira vez, falar con profesores expertos en cada materia e consultar a súa opinión chea de experiencia e sensatez, ensínache que aínda estás lonxe desa sabedoría, pero tamén que estás máis preto que antes. O TFG, enfocado con esta esencia, pode ser unha lección importante da vida.

Por outra banda, tamén se saca como conclusión que é perfectamente posible realizar traballos e proxectos do eido técnico tendo como vehículo a lingua galega. O galego, apenas é usado neste campo, a excepción dalgúns proxectos oficiais da Xunta de Galicia, entre outros. Queremos fomentar o seu uso, especialmente en proxectos do ámbito marítimo.

Este traballo non pretende revolucionar o mundo da xeración de auga doce a bordo, pero si pretendemos facer ver a navieiras, estaleiros, técnicos do sector e a sociedade en xeral, a importancia real que ten a opinión de persoal con experiencia en navegación, especialmente de Xefes de Máquinas, na fase de deseño e construción de buques, e concretamente de salas de máquinas, pois ninguén pode coñecer o comportamento do buque sen experiencia no mar, por moito que se estude ao respecto.

Tamén se pretende con este traballo fomentar o aproveitamento de enerxías residuais, e calores desperdiciadas, e tamén da diminución de contaminación de todo tipo, incluíndo a contaminación térmica do medio mariño. A modo de exemplo, se a flota mercante mundial é de 55625 buques [27] e partindo de que cada un verte a diario unha media de  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  de auga salgada de refrixeración a  $45^\circ\text{C}$  ao mar a  $14.4^\circ\text{C}$  de media mundial na súa superficie [28] estaríamos vertendo un valor aproximado de  $55.000.000 \text{ m}^3$  de auga quente ao mar cada hora só con buques mercantes, polo que si que nos parece conveniente tratar de mellorar este aspecto de cara a redución de todos os tipos de contaminación no que respecta ao noso sector, o sector do transporte por mar, e tamén de toda a sociedade.

Estamos convencidos de que a concienciación social é xa un feito. Como universitarios en particular temos a obriga social de mostrar á sociedade a nosa visión da industria para mellorar a contaminación de calquera tipo, e en concreto do mar. Como futuros traballadores, a obriga moral de facer ver ás empresas as posibles melloras que se poden realizar tanto a máquinas antigas como novas, co relativo ao campo da contaminación. E como cidadáns, xa ao marxe deste traballo, dar exemplo en coidar o noso planeta, ata no máis mínimo xesto, pois con pequenos actos, créanse grandes cadeas que poden chegar moi lonxe.

Con todo, teño fe en que este traballo será un deses pequenos grans de area, dentro desta sociedade que mellora cada día.

## **13 NORMAS E REFERENCIAS**

### **13.1 Disposicións legais e normas aplicadas**

#### **13.1.1 Normativa referente á auga de consumo humano**

A auga de consumo humano a bordo dun buque réxese polo Real Decreto 140/2003 do 7 de Febreiro, que entrou en vigor o día 22 de Febreiro do 2003, no cal se establecen os criterios sanitarios xerais da calidade da auga para consumo humano.

Neste Real Decreto establécense, entre outros aspectos:

- Os diferentes criterios da calidade da auga para consumo humano RD 140/2003 Art. 5
- As substancias aptas para o tratamento da auga RD 140/2003 Art. 9
- Tratamento de potabilización da auga para consumo humano RD 140/2003 Art. 10
- Controis de calidade da auga RD 140/2003 Art. 17.

(Boletín Oficial del Estado – BOE-A-2003-3596)

#### **13.1.2 Normativa referente á realización de proxectos técnicos**

Os criterios xerais para a elaboración formal dos documentos que constitúen un proxecto técnico están definidos na norma UNE 157001:2014 , na cal se establecen:

- O obxecto e campo de aplicación desta norma.
- Outras normas para consulta de distintos apartados técnicos que formarán parte dalgunha sección do proxecto.
- As diferentes partes que deben constar no proxecto.
- A orde que deben seguir os apartados.
- O contido que debe ter cada apartado.

(AENOR – UNE 157001:2014)

### **13.1.3 Normativa aplicada as redes de tubaxe e válvulas**

A norma que rexe todo o relacionado cos compoñentes de canalizacións é a norma UNE-EN ISO 6708:1996 do 23 de Maio de 1996.

Nesta norma establécense principalmente:

- Definición dos diferentes compoñentes de canalizacións.
- Definición e selección do diámetro nominal (DN).

## 13.2 Bibliografía

- [1] <http://knutsenoas.com/shipping/lng-carriers/la-mancha-knutzen/> - [17/07/2017]
- [2] <http://marine.man.eu/> - MAN Diesel - Improved efficiency and Reduced CO<sub>2</sub> Manual - [19/07/2017]
- [3] [www.imo.org/](http://www.imo.org/) - [19/07/2017]
- [4] <http://www.naucher.com/es/actualidad/consideraciones-sobre-la-norma-que-establece-las-zonas-de-control-de-emisiones-eca/ n:2543/> - [19/07/2017]
- [5] <http://www.marineinsight.com/tech/10-noteworthy-lng-fueled-vessels/> - [17/07/2017]
- [6] <http://www.clustermaritimo.es/blog/web/2017/01/26/primeros-scrubbers-chinos-aprobados-para-zona-eca> - [19/07/2017]
- [7] <http://www.marineinsight.com/tech/10-noteworthy-lng-fueled-vessels/> - [19/07/2017]
- [8] <http://teekay.com/blog/2015/10/07/creole-spirit-first-megi-lng-vessel-out-for-sea-trials/> - [17/07/2017]
- [9] <http://teekay.com/business/gas/liquified-natural-gas/megi-lng-newbuildings/> - [17/07/2017]
- [10] <http://knutsenoas.com/shipping/newbuildings/> - [17/07/2017]
- [11] <http://www.navieraelcano.com/?page=17> - [17/07/2017]
- [12] <http://www.samkunok.com> - (Sankum Century CO. - Mineralizers Manual) - [01/08/2017]
- [13] Boletín Oficial do Estado – BOE-A-2003-3596 – Real Decreto polo que se establecen os criterios sanitarios da calidade da auga de consumo humano - [27/07/2017]



- [14] <http://www.samkunok.com> - (Sankum Century CO. - Sterilizers Manual) - [01/08/2017]
- [15] <http://www.mshs.com/hyundai-himsen.htm> - (Himsen-Hyundai – Eng. Type H35DF Instruction Manual - Vol.1) - [10/08/2017]
- [16] <http://marine.man.eu/> - (MAN–B&W – Serie 7670ME Manual) - [11/08/2017]
- [17] <http://www.wilhelmsen.com/marine-products/> - (Unitor Marine Chemicals Manual – Liquid evaporator treatment Vaptreat) – [12/08/2017]
- [18] <http://www.dh.co.kr> – (Salinity Controller NSC110AD Manual) - [01/08/2017]
- [19] <http://www.dh.co.kr> – (DHFG Q1B660 manual) - [01/08/2017]
- [20] <http://es.jc-valves.com> - [26/07/2017]
- [21] <http://www.dnbrida.com> - [26/07/2017]
- [22] <http://www.directindustry.es/cat/valvulas-electrovalvulas-W.html> - [26/07/2017]
- [23] <https://www.dvgw.de/> - (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) - [26/07/2017]
- [24] <http://www.directindustry.es/tab/caudalimetro-abb.html> - [29/07/2017]
- [25] UNE-EN ISO 6708:1996 – Componentes de canalizaciones: definición e selección de DN - [27/06/2017]
- [26] <http://www.tubosdeacero.eu> - [26/07/2017]
- [27] <http://www.lrga.es/> - (Lloyd's Register) - [28/08/2017]
- [28] <http://www.ipcc.ch/> - [28/08/2017]

### 13.3 Software utilizado

- **EES:** (Engineering Equation Solver) Usado principalmente para a resolución de ecuacións e a consulta de diferentes parámetros técnicos dalgúns fluídos.
- **Autocad 2007:** Para o desenrolo de planos e esquemas.
- **Solid Works 2017:** Para o deseño de pezas en 3D.
- **Menfis 8:** Para a realización das medicións orzamento.
- **Microsoft Word 2010:** Usado como procesador de textos.

Cabe resaltar que algúns extractos de programas utilizados no presente traballo non estarán en lingua galega, por mor de que os programas utilizados non dispoñen do correspondente paquete de linguas.

## 14 DEFINICIÓNS, UNIDADES E ABREVIATURAS

### 14.1 Unidades

- **€:** Euro
- **%:** Tanto por cento
- **bar:** Bar. Unidade de presión
- **rpm:** Revolucións por minuto
- **GT:** “Gross Tons” – Arqueo bruto
- **DWT:** “Deadweight tonnage” – Tonelaxe de arqueo bruto
- **h:** Hora
- **min:** Minuto
- **s:** Segundo
- **kn:** Nó. Milla náutica por hora.
- **°C:** Grao Celsius
- **K:** Grao Kelvin
- **tm:** Tonelada métrica (1000kg)
- **kg:** Kilogramo
- **g:** Gramo
- **mg:** Miligramo
- **N:** Newton
- **V:** Voltio
- **kV:** Kilovoltio
- **A:** Amperio
- **Hz:** Hercio.
- **kHz:** Kilohercio
- **kW/h:** Kilovatio por hora, unidade de consumo de potencia eléctrica.
- **W:** Vatios, unidade de potencia (kJ/s)
- **kW:** Kilovatios
- **L:** Litro
- **l:** Litro
- **m:** Metro.
- **m<sup>2</sup>:** Metro cadrado.
- **m<sup>3</sup>:** Metro cúbico.

- **cm:** Centímetro
- **mm:** Milímetro.
- **μm:** Micrómetro
- **nm:** Nanómetro
- **pH:** pH. Unidade que indica a acidez ou basicidade dunha substancia.
- **ppm:** Parte por millón. Unidade de concentración química.

## 14.2 Abreviaturas

- **(B):** Babor.
- **(E):** Estribor.
- **2T:** Dous tempos.
- **Aprox.:** Aproximadamente.
- **DF** “Dual fuel” – Dobre combustible, xeralmente referido a HFO/MDO e LNG.
- **DFDE** “Dual fuel diesel electric) – Propulsión diésel eléctrica de dobre combustible HFO/MDO e LNG.
- **EGR:** “Exhaust Gas Recirculation” – Recirculación de gases de escape.
- **Etc.:** Etcétera.
- **ETO:** “Electro-Technician Officer” – Oficial electrotécnico.
- **GCU:** “Gas Combustion Unit” – Unidade de combustión de gas.
- **HFO:** “Heavy Fuel-Oil” - Tipo de fuel para motores diésel mariños.
- **LDCL:** “Load Dependent Cylinder Liner” – Sistema de refrixeración de camisas dependente da carga do motor.
- **LDHT:** “Load Dependent High Temperature” – Sistema de refrixeración do motor dependente da carga.
- **LNG:** “Liquified Natural Gas” - Gas Natural Licuado.
- **LNGc:** “LNG carrier” – Buque tanque que transporta LNG.
- **LSHFO:** “Low Sulfur Heavy Fuel-Oil” - Tipo de fuel baixo en xofre para motores diésel mariños
- **MDO:** “Marine Diesel-Oil” – Tipo de gasóleo para motores diésel mariños
- **MEGI:** “M-type, Electronically Controlled, Gas Injection” – Motor principal de inxección de gas electrónica.
- **MGO:** “Marine Gas-Oil” – Tipo de gasóleo baixo en xofre para motores diésel mariños.
- **MGPS:** “Marine Growth preventing system” – Sistema de prevención do crecemento de organismos vivos mariños.

- **NOx:** Todos os tipos de óxidos de Nitróxeno, e tamén as súas mesturas. Óxido nítrico (NO) e dióxido de nitróxeno (NO<sub>2</sub>).
- **OMI:** Organización Marítima Internacional.
- **PM:** “Particulate matter” - Materia particulada. Parámetro que indica a concentración de partículas sólidas en suspensión en gases de escape dun motor de combustión.
- **SCR:** “Selective Catalytic Reduction” - Catalizador de redución selectiva.
- **SOx:** Todos os tipos de óxidos de xofre, e tamén as súas mesturas. Trióxido de xofre (SO<sub>3</sub>) e dióxido de xofre (SO<sub>2</sub>).

### 14.3 Definicións

- **Antifouling:** Dise de todos aqueles sistemas que teñen por función a eliminación de organismos vivos mariños, que tenden a adherirse a superficies do buque, carreando distintas consecuencias negativas.
- **Boil off:** Vaporización da carga licuada de LNG nos tanques imposible de evitar, provocada pola cesión de calor dende o exterior dos tanques e potenciada polo balance do buque.
- **Bomba Booster:** Bomba usada como reforzo doutra, á cal está conectada en paralelo.
- **By-pass:** Conexión alternativa que serve para que un fluído evite o paso a través dun dispositivo determinado. Xeralmente a súa apertura ou peche é controlado por unha válvula.
- **By-passear:** Acción de facer circular un fluído por un conduto de by-pass.
- **Crossover:** Tubaxe que cruza o buque de babor a estribor, coa finalidade de permitir a interconexión de certos elementos de circuítos independentes.
- **Demister:** Filtro que permite o paso libre dun gas pero impedíndolle o paso a partículas en estado líquido que o poidan acompañar.
- **Dual Fuel:** Variedades de motor que teñen a cualidade de poder consumir dous tipos de combustible, xeralmente MDO/HFO e Gas Natural Licuado.
- **Fuel-oil:** Combustible Fuel. Tipo de combustible para motores mariños diésel.
- **Offshore:** Campo de traballo do sector marítimo referido aplicacións no solo mariño como extraccións petrolíferas, instalación de muíños eólicos, perforacións, instalación de tubo e cable etc.
- **Room:** Sala.
- **Scrubber:** Sistema anticontaminación usado para a eliminación de partículas sólidas dos gases de escape e algúns gases, mediante unha técnica de lavado de gases.
- **Set point:** Valor seleccionado nun sistema automático de regulación.

- **Software:** Programas e aplicacións usados en diferentes equipos informáticos.
- **Stand-by:** Estado no que se atopa un dispositivo, cando non está activado, pero que se activará automaticamente en canto se dean as circunstancias oportunas.
- **Switchboard:** Panel de control.
- **Tracing:** Fluído que circula por un circuíto a alta temperatura, e que ten a función de ceder calor a outro fluído máis frío que circula por outro conduto co que ten contacto físico, co obxecto de aumentar a transferencia de calor, e así aumentarlle ao máximo a súa temperatura.
- **Training:** Neste contexto, refírese á oficiais da mariña mercante que están en período de proba nun novo barco, no que teñen por función acompañar ao oficial que desempeña o seu mesmo cargo a bordo, para familiarizarse coas peculiaridades do buque.
- **Water Spray:** Sistema de loita contra incendios que ten por función apagar lume e enfriar superficies con pequenos chorros de auga separados en pingas, para aumentar así a superficie de transferencia de calor.



# **“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

---

## **PREGO DE CONDICIÓN**

---



**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**

**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR NÁUTICA E MÁQUINAS**

DATA: Setembro 2017

AUTOR: Alberto Carril Vidal

Fdo.: Alberto Carril Vidal



## ÍNDICE DO PREGO DE CONDICIÓNS

1	PREGO DE CONDICIÓNS XERAIS .....	101
1.1	Obxectivo .....	101
1.1.1	Mandos e responsabilidade.....	101
1.1.2	Subcontratación .....	102
1.1.3	Regulamentos e normas .....	102
1.1.4	Materiais.....	103
1.1.5	Recepción do material.....	103
1.2	Organización .....	104
1.3	Execución das obras .....	104
1.3.1	Comprobación de replanteo .....	104
1.3.2	Programa de traballo .....	105
1.3.3	Comezo .....	105
1.3.4	Interpretación e desenvolvemento do proxecto .....	105
1.3.5	Contrato .....	106
1.3.6	Responsabilidades .....	106
1.3.7	Prazos de execución .....	107
1.3.8	Modificacións.....	107
1.3.9	Recepción provisional .....	108
1.3.10	Prazo de garantía .....	108
1.3.11	Recepción definitiva .....	108
2	CARACTERÍSTICAS E CALIDADE DE MATERIAIS E EQUIPOS.....	109
2.1	Características xerais da instalación .....	109
2.2	Tubaxes e conexións .....	109
2.3	Válvulas .....	110
2.3.1	Válvulas de tres vías .....	111
2.3.2	Válvula antirretorno .....	111
2.3.3	Válvula reguladora de caudal .....	111
2.4	Elementos de visualización de parámetros de control .....	111
2.4.1	Termómetro.....	111
2.4.2	Caudalímetro.....	111

3	CONDICIÓN DE EXECUCIÓN E MONTAXE .....	112
3.1	Condición xerais .....	112
3.2	Sala de máquinas.....	112
3.3	Sistema hidráulico .....	113
3.4	Posta en marcha inicial do equipo .....	113

## **1 PREGO DE CONDICIÓNS XERAIS**

### **1.1 Obxectivo**

O presente prego de condicións técnicas particulares ten por obxecto determinar as condicións mínimas aceptables para a execución da instalación hidráulica, así como definir as características e a calidade dos materiais a utilizar.

A empresa encargada da obra está obrigada ao cumprimento do regulamento do traballo correspondente, á contratación dun seguro obrigatorio e ao seguimento de todos aqueles regulamentos de carácter social vixentes ou que no futuro se diten.

#### **1.1.1 Mandos e responsabilidade**

##### **Supervisor**

O contratista disporá a un técnico cualificado, que exercerá de supervisor e será o encargado de controlar e organizar os traballos para os cales se realice o contrato, converténdose no interlocutor válido á fronte da propiedade.

##### **Vixilancias**

O contratista será o único responsable de vixiar os traballos que teña contratados ata a súa recepción provisional.

##### **Limpeza**

O contratista será o encargado de manter a zona de traballo libre da acumulación de materiais de refugallo, cascallos ou calquera outro tipo de restos provocados por mor do traballo.

Ademais, deberá encargarse do correcto almacenamento de todo tipo de material retirado da zona de traballo, a cal deberá ficar limpa e ordenada tras cada xornada laboral.

A obra entregarse completamente limpa, sen ferramentas, andamios ou calquera tipo de suxeicións provisionais.

Correrá por conta do contratista todo o relativo ao subministro, distribución e consumo de enerxías e fluídos provisionais que sexan precisos para o correcto desenvolvemento de todos os traballos.

### **1.1.2 Subcontratación**

A empresa poderá subcontratar parcialmente as obras contratadas en función da zona de navegación do buque. En todo caso, a empresa responderá ante o cliente do labor das subcontratacións como se fose propia.

Durante a execución das obras, o cliente poderá recusar a calquera dos subcontratistas que non realice as obras adecuadamente, tanto por mor da calidade como do prazo, feito que será notificado por escrito á empresa.

A empresa contratante deberá substituír á empresa subcontratada sen que este feito poida carrear ningún tipo de compensación no prezo ou no prazo da obra.

### **1.1.3 Regulamentos e normas**

Todas as unidades de obra executaranse cumprindo as prescricións indicadas nos regulamentos de seguridade e normas técnicas de obrigado cumprimento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional ou autonómico, así como todas as outras que se establezan na memoria descriptiva do mesmo.

Adaptaranse, ademais, as presentes condicións particulares, que complementarán as indicadas polos regulamentos e normas citadas previamente:

Real Decreto 2060/2008, do 12 de decembro, polo que se aproba o

Regulamento de equipos a presión e as súas instrucións técnicas complementarias.

A menos que se trate de prescricións cuxo cumprimento estea obrigado pola vixente lexislación, no caso de discrepancia entre o contido dos documentos anteriormente mencionados, aplicarase o criterio correspondente ao que teña unha data de aplicación posterior.

#### **1.1.4 Materiais**

Todos os materiais empregados serán de primeira calidade, cumprirán as especificacións e terán as características indicadas no proxecto e nas normas técnicas, así como todas as relativas á conservación dos mesmos, atendendo ás particularidades dun medio hostil como é o mariño.

Toda especificación ou característica de materiais que figuren en calquera documento do proxecto, aínda sen figurar nos restantes, é igualmente obrigatoria.

En caso de existir contratación ou omisión nos documentos do proxecto, o taller que realizará as obras terá a obriga de poñelo de manifesto ao técnico director de obra, quen decidirá sobre o particular. En ningún caso poderá suplir a falta directamente e por decisión propia sen a autorización expresa.

#### **1.1.5 Recepción do material**

O supervisor (ou xefe de obra, no seu caso), estando de acordo co cliente, dará no seu momento a aprobación sobre o material subministrado e confirmará que é apto para unha instalación correcta.

O control de calidade da obra correrá por conta da empresa (de acordo á lexislación vixente) e comprenderá o control das materias primas e materiais, dos equipos utilizados e da execución e finalización da obra. Unha vez adxudicada a oferta, enviarase ao cliente o Programa Garantía de Calidade da Obra.

Se en calquera momento durante a execución das obras ou durante o período de garantía, se detecta que algún material non cumpre cos requisitos de calidade necesarios, poderase esixir o cambio de material, correndo todos os custos derivados desta tarefa por conta da empresa, quen non terá dereito a presentar ningunha reclamación por este concepto.

## **1.2 Organización**

A empresa encargada da obra actuará de patrón legal, aceptando todas as responsabilidades que lle correspondan e quedando obrigada ao pagamento dos salarios e cargas que legalmente están establecidas en xeral, a todo canto lexisle en decretos ou ordes sobre o particular, durante todo o proceso de execución da obra.

Dentro do estipulado no prego de condicións, a organización e seguridade da obra, así como a determinación dos materiais a empregar, será responsabilidade da empresa encargada da obra. Así mesmo, esta deberá informar ao director de obra de todos os plans de organización técnica da obra, así como da procedencia dos materiais, e cumprimentar as ordes dadas por este en relación con datos externos.

Para os contratos de traballo, compra de material ou aluguer de elementos auxiliares que a empresa encargada da obra considere oportuno levar a cabo, e que non estean reflectidos no presente proxecto, solicitará a aprobación previa do director de obra, correndo a conta propia da empresa encargada da obra.

## **1.3 Execución das obras**

### **1.3.1 Comprobación de replanteo**

No prazo máximo de 15 días hábiles a partir da adxudicación definitiva do cliente, comprobaranse en presenza do director de proxectos da empresa e dun representante do comprador, o replanteo das obras efectuadas antes da licitación, estendéndose a correspondente Acta de Comprobación do Regulamento.

Esta acta reflectirá a conformidade do replanteo aos documentos contractuais, referíndose a calquera punto, que no caso de desconformidade poida afectar ao cumprimento do contrato,



Cando a acta reflicta algunha variación respecto aos documentos contractuais do proxecto, deberá estar acompañada dun novo orzamento en función dos prezos do contrato.

### **1.3.2 Programa de traballo**

No prazo de 15 días hábiles a partir da adxudicación definitiva, a empresa presentará o programa de traballo da obra, axustándose ao que especifique o director do proxecto, seguindo a orde de obra que considere oportuna para a correcta realización da mesma, previa notificación por escrito ao director do proxecto.

Cando do programa de traballo se deduza a necesidade de modificar calquera condición contractual, este programa deberá ser redactado contraditoriamente polo director de proxectos, acompañándose a correspondente modificación para a súa tramitación.

### **1.3.3 Comezo**

A empresa estará obrigada a notificar por escrito a data de comezo da obra ao cliente, para deixar así constancia deste feito.

### **1.3.4 Interpretación e desenvolvemento do proxecto**

A interpretación técnica de cada documento do proxecto corresponderá ao director de proxecto.

O xefe de obra estará obrigado a someter ao director de obra a calquera dúbida, aclaración ou discrepancia que aconteza durante a execución da obra por causa do proxecto ou circunstancias alleas, sempre coa suficiente antelación en función da importancia do asunto a tratar, co fin de darlle solución no menor tempo posible.

A empresa será responsable de calquera erro motivado pola omisión desta obrigación e, consecuentemente, refará, pola súa conta, os traballos que correspondan cunha correcta interpretación do proxecto.

### **1.3.5 Contrato**

O contrato formalizarase mediante un documento privado de contratación. Comprenderá a adquisición de todos os materiais, transporte, man de obra, medios auxiliares, reconstrución de defectos, obras complementarias e obras derivadas de modificacións.

A totalidade de documentos que compoñen o proxecto técnico de obra serán incorporados ao contrato, e tanto a empresa como o cliente deberán firmalos, dando testemuño de que os coñecen e de que os aceptan.

Consideraranse causas de rescisión do contrato a rotura dalgunha das dúas partes do contrato, a modificación do proxecto cunha alteración maior a un 25% do orzamento, a modificación das unidades de obra sen autorización, a suspensión das obras xa comezadas, o incumprimento a mala fe das condicións do contrato, a terminación do prazo de execución sen estar completada a obra, a actuación a mala fe na execución dos traballos e a subcontratación sen autorización por parte do cliente.

### **1.3.6 Responsabilidades**

A empresa encargada das obras será a responsable da execución dos traballos baixo as condicións establecidas no proxecto e no contrato. Como consecuencia deste feito, a empresa verase obrigada á desinstalación das partes mal executadas e á súa correcta reinstalación.

A empresa será a única responsable de todas as contravencións cometidas polo seu persoal durante a execución das obras ou durante as operacións relacionadas coas mesmas.

Tamén será responsable a empresa dos accidentes ou danos provocados por erros, inexperiencia ou emprego de métodos inadecuados que se poidan producir durante a realización das obras.

### **1.3.7 Prazos de execución**

A obra executarase dentro do prazo acordado entre a empresa e o cliente, e no seu defecto, nas condicións estipuladas neste prego de condicións.

A empresa presentará un plan de traballos detallado, axustado ao prazo pactado, e especificado en tarefas e tempos individuais de execución, que deberá ser aprobado polo cliente. Este plan incorporarase como anexo ao contrato, formando así parte do mesmo.

O incumprimento do prazo de remate da obra dará dereito ao cliente para aplicar as penalizacións establecidas.

Se por un motivo considerado de forza maior pola normativa española, se produce un retraso na obra, a empresa deberá notificar ao cliente esta circunstancia no prazo máximo de dous días hábiles dende o suceso, indicando a duración prevista do problema e a súa incidencia nos prazos de execución das obras. Quedan excluídas como causas de forza maior, a chuvia, a neve e outros fenómenos atmosféricos semellantes.

### **1.3.8 Modificacións**

A empresa está obrigada a realizar as obras que se encarguen resultantes das posibles modificacións do proxecto, sempre e cando o importe destas variacións non altere en máis dun 5% o valor contratado.

O xefe de obra, de acordo co director do proxecto, estará facultado para introducir as modificacións que considere oportunas durante a construción, de acordo ao seu criterio, sempre que cumpra as condicións técnicas referidas ao proxecto, e de modo que non varíe o importe total da obra.

O cliente non poderá baixo ningunha circunstancia facer modificacións de partes do proxecto sen autorización expresa do director de proxectos. Terá, ademais, a obriga de desfacer toda clase de obra que non se axuste ás condicións expresadas neste documentos.

### **1.3.9 Recepción provisional**

Unha vez terminadas as obras, realizarase a recepción provisional, levando a cabo polo xefe de obra e por un representante do cliente, un recoñecemento minucioso da nova instalación. Tras esta inspección, se non se atopa ningunha anomalía, levantarase acta e empezará a correr o prazo de garantía.

No caso de non admitir a obra por mor dalgunha anomalía detectada durante a inspección, daranse instrucións á empresa para emendar os defectos observados, fixándose un novo prazo, tras o cal se realizará outra recepción provisional, e sen que isto supoña ningún tipo de gasto ao cliente.

### **1.3.10 Prazo de garantía**

O prazo de garantía é o tempo comprendido entre a recepción provisional e a recepción definitiva. Este prazo será dun ano.

Neste período de tempo, a empresa encargada da obra deberá corrixir todos os defectos que se produzan na instalación sen que implique ningún gasto ao cliente.

No caso de non execución, o director de obra poderá encargar a outra empresa a corrección destes defectos, sempre a cargo da empresa encargada das obras.

Se durante o prazo de garantía se observan nas obras realizadas defectos graves que requiran unha corrección importante –sempre a xuízo do director de obra–, o prazo de garantía sobre os elementos deste defecto en concreto, será ampliado un ano máis, a partir da corrección dos mesmos.

### **1.3.11 Recepción definitiva**

Tras concluír o prazo de garantía, cesará a obriga da empresa de conservar e reparar ao seu cargo as obras, aínda que subsistirán as responsabilidades que puidesen derivarse de defectos ocultos e deficiencias de causa dubidosa.

## **2 CARACTERÍSTICAS E CALIDADE DE MATERIAIS E EQUIPOS**

### **2.1 Características xerais da instalación**

Os elementos da instalación hidráulica que se levareá a cabo deberán ser proxectados, ensamblados e axustados cumprindo todas as prescricións establecidas pola OMI (Organización Marítima Internacional), así como por toda a normativa vixente para tubaxes e válvulas.

Os materiais empregados na construción e instalación dos equipos deberán ser resistentes á acción das substancias e elementos cos que entre en contacto, de xeito que non poidan verse deteriorados baixo condicións normais de utilización.

A instalación será construída de xeito que poida ser totalmente illada do resto de circuítos cos que intercambia calor ou materia, permitindo unha normal operación dos sistemas citados baixo o funcionamento anterior a esta modificación.

### **2.2 Tubaxes e conexións**

Os tubos empregados tanto a modo de tubaxe para circulación de auga, como para diferentes conexións e bifurcacións, estarán fabricados con aceiro sen soldadura específico para servizos de auga de refrixeración a presión. Concretamente, usarase o aceiro JIS G3453 ou outro aceiro de similares ou superiores características. Contará cunha resistencia mínima á tracción de  $370\text{N/mm}^2$ , equivalente a  $38\text{Kgf/mm}^2$ .

Para a realización desta instalación será usado exclusivamente tubo de diámetro estandarizado DN80.

As unións entre distintos tubos ou entre tubos e elementos do sistema –tales como válvulas, elementos do circuíto e conexións a outras liñas hidráulicas– serán realizadas mediante bridas, que permitan unha cómoda e segura desmontaxe en caso de ser necesaria.

Os tubos e cóbados serán unidos por soldadura eléctrica por un técnico cualificado, de xeito que formen un conxunto sólido e resistente, sempre cumprindo as pautas e normativa referente á soldadura.

Cando unha tubaxe vaia ser unida a unha válvula ou a unha conexión, contará nos seus extremos cunha brida de conexión, a cal estará soldada, seguindo as pautas do apartado anterior.

Cando dous elementos da instalación se ensambren mediante unión en brida, deberá instalarse unha xunta de estanquidade entre as dúas bridas que forman a unión, que será do mesmo tamaño normalizado que as bridas.

As bridas que se utilizarán serán EN 1092-1 Tipo 01 PN10 (DIN 2576) e DN 80, ao igual que os tubos. Serán do mesmo material que estes, ou dun material equivalente e compatible para seren soldados.

As bifurcacións utilizadas serán ensambladas mediante o método de soldadura antes mencionado, seguindo un ángulo de 45° sobre o tubo no que vai ser adaptada. O seu tamaño será para DN80, indicado segundo o código MSS SP-97.

Os cóbados que se utilizarán serán tipo EN 10253-1 (Din 2605), de aceiro similar ao dos tubos, e serán ensamblados mediante soldadura eléctrica aos tubos ou ás bridas.

### **2.3 Válvulas**

Todas as válvulas usadas neste proxecto contarán cunha conexión en brida compatible á das tubaxes e á dos diferentes elementos do sistema. O deseño das válvulas será tal que permita retirar o obturador sen ser precisa a separación do corpo da válvula do circuíto.

### **2.3.1 Válvulas de tres vías**

Empregaranse válvulas de tres vías tipo EN1092 PN10 DN80 e ANSI B16.5 (clase 150), ou similar, que terán por función desviar parte do caudal durante a operación.

### **2.3.2 Válvula antirretorno**

Empregaranse válvulas antirretorno de clapeta, tipo SC1 CF8M e DN80

### **2.3.3 Válvula reguladora de caudal**

Empregaranse válvulas de regulación de caudal de bolboreta, tipo DVGW M015-A e DN80.

## **2.4 Elementos de visualización de parámetros de control**

### **2.4.1 Termómetro**

Empregaranse reloxos indicadores de temperatura, cuxa conexión ao tubo correspondente se realizará mediante a soldadura dunha unión roscada para un tubo capilar, que irá conectado ao relox. Esta soldadura será realizada nun burato calibrado realizado previamente no tubo en cuestión.

### **2.4.2 Caudalímetro**

O caudalímetro a empregar nesta instalación contará, ao igual que as válvulas, cunha conexión en brida estandarizada similar á descrita anteriormente para tubos de DN80.

### **3 CONDICIÓNS DE EXECUCIÓN E MONTAXE**

#### **3.1 Condicións xerais**

O conxunto que forma a instalación do sistema hidráulico deberá estar ensamblado de xeito que todas e cada unha das partes que forman o conxunto sexan facilmente accesibles e inspeccionables.

Entre os diferentes elementos da sala de máquinas existirá un espazo mínimo suficiente para poder efectuar calquera operación de mantemento ou reparación nesta instalación con total seguridade.

Todos os elementos do circuíto hidráulico deberán ser deseñados para manter a estanquidade do circuíto e soportar perfectamente as presións ás que vai estar sometido, tendo en conta as tensións térmicas, físicas e químicas que poidan preverse.

Cabe aclarar que en canto ao deseño desta instalación para un buque específico, as dimensións das liñas do sistema serán diferentes, polo que se deberá deseñar un proxecto específico para a realización desta modificación nun buque en concreto.

#### **3.2 Sala de máquinas**

A sala de máquinas deberá contar cun sistema de iluminación artificial adecuado e cun sistema de ventilación e renovación do aire en todos os seus espazos.

No interior e exterior da sala de máquinas deberá existir un cartel que indique o nome e teléfono de contacto da persoa encargada da obra para poder solicitar asistencia en caso de ser necesario. Tamén deberán figurar neste cartel unhas instrucións claras e precisas para efectuar a parada de emerxencia da instalación.



### **3.3 Sistema hidráulico**

Os pasos de liñas entre mamparos estarán sometidas a variacións. Cada paso de liñas será realizado baixo a súa correspondente normativa, sen afectar en absoluto a ningún sistema das salas que atravesas, especialmente, aos sistemas de loita contra incendios.

Todos os soportes destinados á suxeición das diferentes tubaxes permitirán a dilatación da tubaxe por mor das variacións de temperatura, e soportarán firmemente cada tubo, sen deixar de absorber as vibracións e os golpes que poida chegar a sufrir este.

### **3.4 Posta en marcha inicial do equipo**

Unha vez finalizadas as obras, levarase a cabo unha comprobación inicial do sistema para comprobar o seu correcto funcionamento, tal como se explica no apartado de recepción provisional.



# **“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

---

## **PLANOS**

---



**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**  
**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR NÁUTICA E MÁQUINAS**










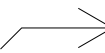
DATA: Setembro 2017

AUTOR: Alberto Carril Vidal

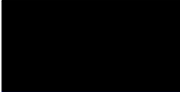

Fdo.: Alberto Carril Vidal



## SÍMBOLOS

	Válvula
	Válvula de non retorno
	Válvula de tres vías pilotada
	Bomba centrífuga
	Superficie de intercambio de calor
	Prequentador eléctrico
	Descarga pola borda
	Eductor
	Indicador do sentido de fluxo
	Referencia para anotacións

## CORES

	Liñas referentes ás instalacións do buque
	Liñas referentes á nova instalación hidráulica

<b>E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS</b> <b>TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN</b>		TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO: <b>TFG/GTM/E- 11 -17</b>
TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO: <b>REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI</b>		
TÍTULO DO PLANO: <b>LENDA XERAL</b>		DATA: <b>28/08/2017</b>
AUTOR: <b>ALBERTO CARRIL VIDAL</b>	FIRMA:	PLANO Nº: <b>1</b>

ENFRIADORES  
PRINCIPAIS  
(BABOR)

1

2

ENFRIADORES  
PRINCIPAIS  
(CARGA)

1

2

ENFRIADORES  
PRINCIPAIS  
(ESTRIBOR)

1

2

POLA  
BORDA

XERADOR  
DE AUGA  
DOCE  
(B)

BOMBA DE AUGA SALGADA DO  
XERADOR DE AUGA DOCE (B)

BOMBAS PRINCIPAIS DE REFRIXERACIÓN  
DE AUGA SALGADA

TOMA  
DE MAR  
(ALTA)

TOMA  
DE MAR  
(BAIXA)

XERADOR  
DE AUGA  
DOCE  
(E)

BOMBA DE AUGA SALGADA DO  
XERADOR DE AUGA DOCE (E)

POLA  
BORDA

**E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS**  
**TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN**

TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO:  
**TFG/GTM/E- 11 -17**

TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO:

**REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI**

TÍTULO DO PLANO:

**SISTEMA DE REFRIXERACIÓN DE AUGA SALGADA**

DATA:

**28/08/2017**

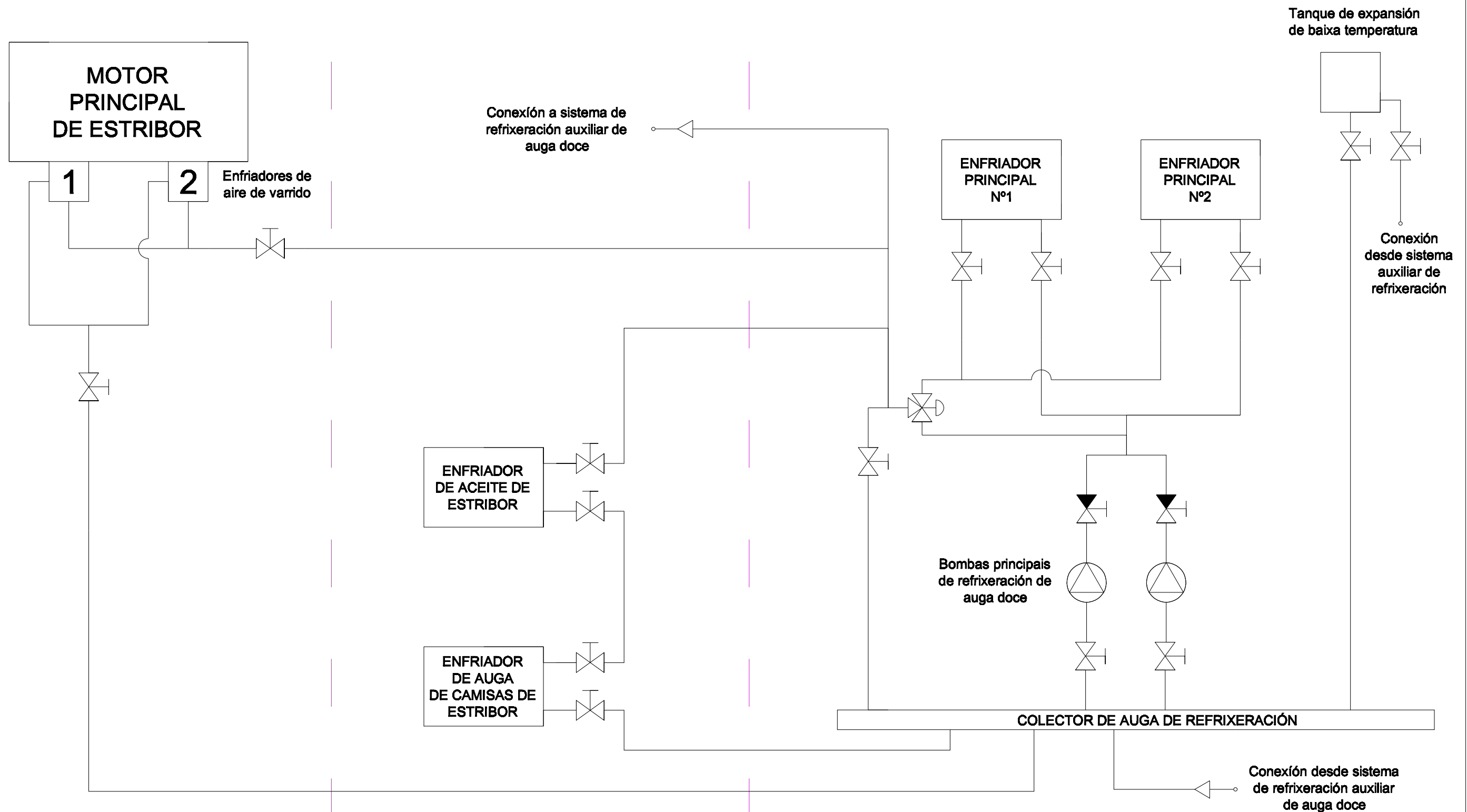
AUTOR:

**ALBERTO CARRIL VIDAL**

FIRMA:

PLANO Nº:

**2**



**E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS**  
**TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN**

TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO:  
**TFG/GTM/E- 11 -17**

TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO:

**REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI**

TÍTULO DO PLANO:  
**SISTEMA PRINCIPAL DE REFRIGERACIÓN DE AUGA DOCE**

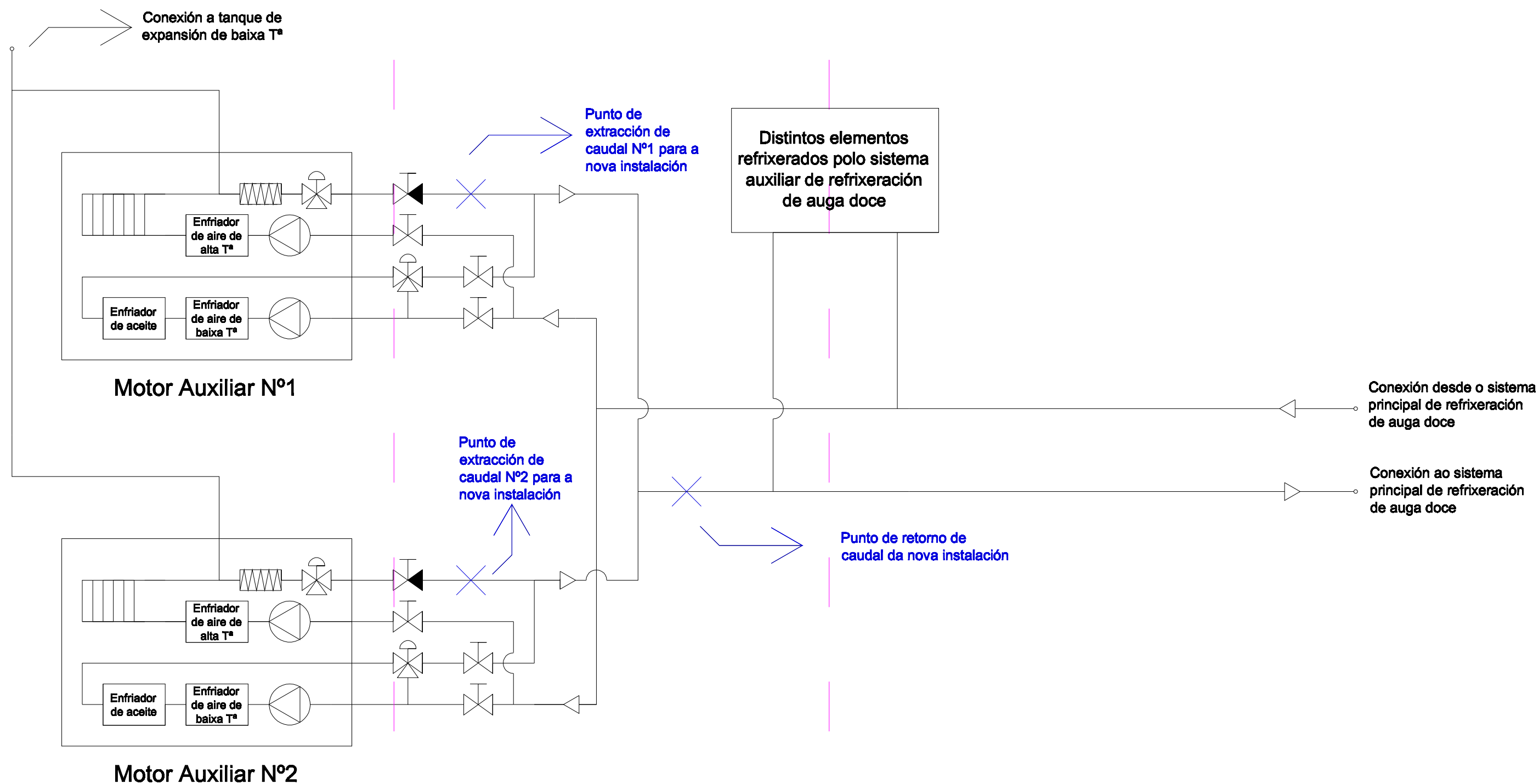
DATA: **28/08/2017**

AUTOR:  
**ALBERTO CARRIL VIDAL**

FIRMA:

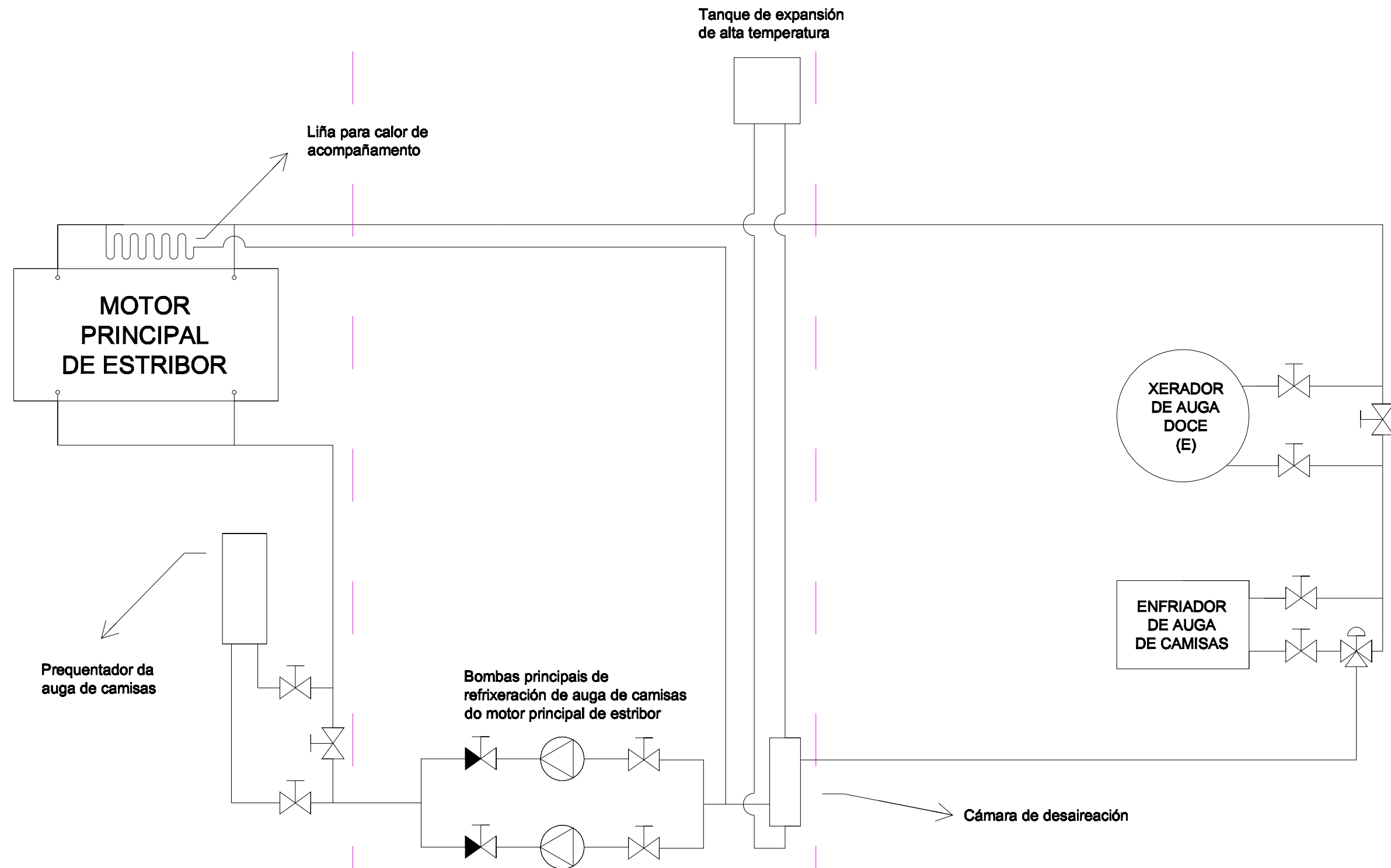
PLANO Nº:

**3**



<b>E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS</b> <b>TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN</b>		TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO: <b>TFG/GTM/E- 11 -17</b>
TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO: <b>REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI</b>		
TÍTULO DO PLANO: <b>SISTEMA AUXILIAR DE REFRIXERACIÓN DE AUGA DOCE</b>		DATA: <b>28/08/2017</b>
AUTOR: <b>ALBERTO CARRIL VIDAL</b>	FIRMA:	PLANO Nº: <b>4</b>





**E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS**  
**TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN**

TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO:

**TFG/GTM/E- 11 -17**

TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO:

**REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI**

TÍTULO DO PLANO:

**SISTEMA DE REFRIXERACIÓN DE AUGA DOCE DE CAMISAS**

DATA:

**28/08/2017**

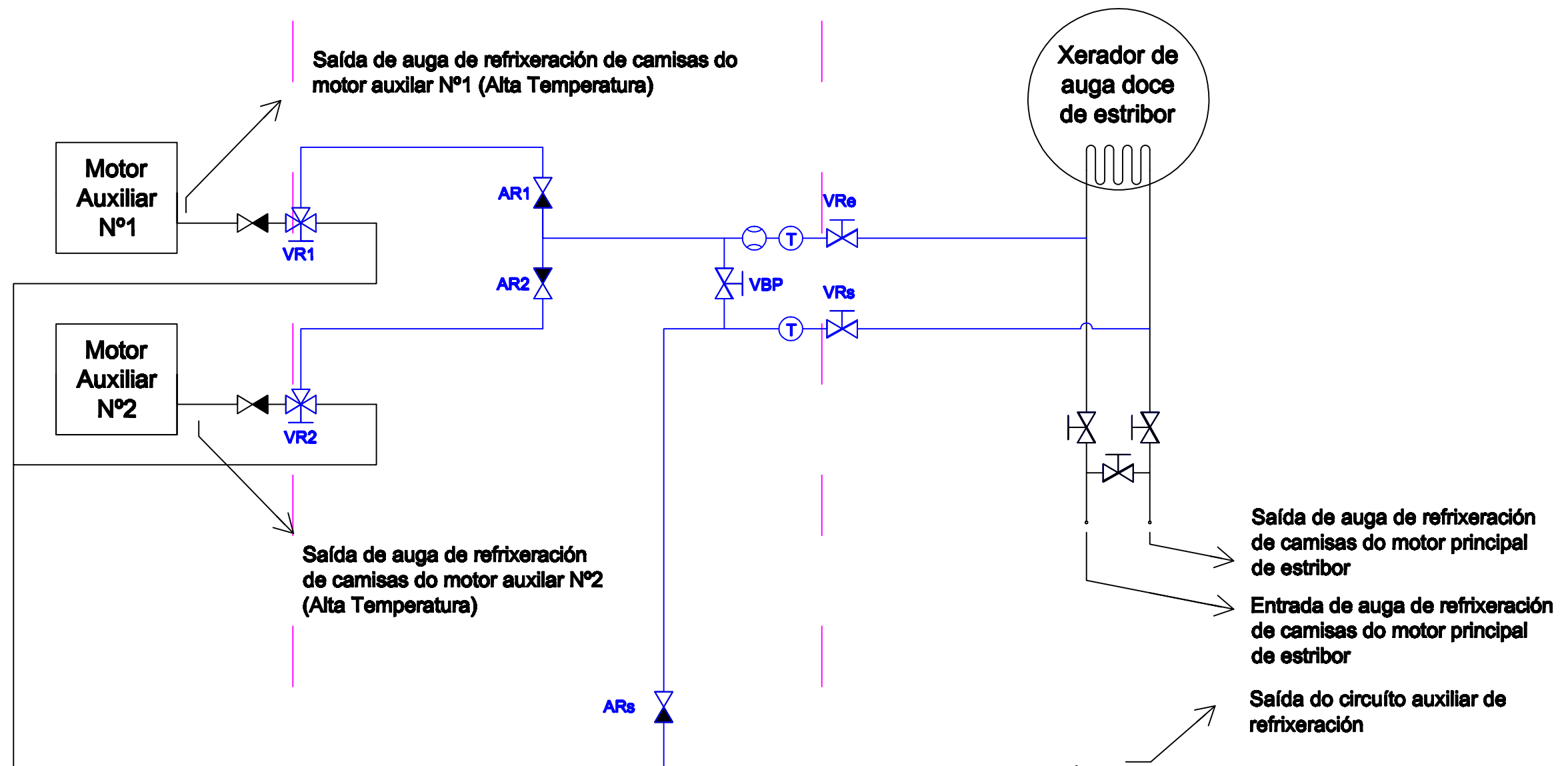
AUTOR:

**ALBERTO CARRIL VIDAL**

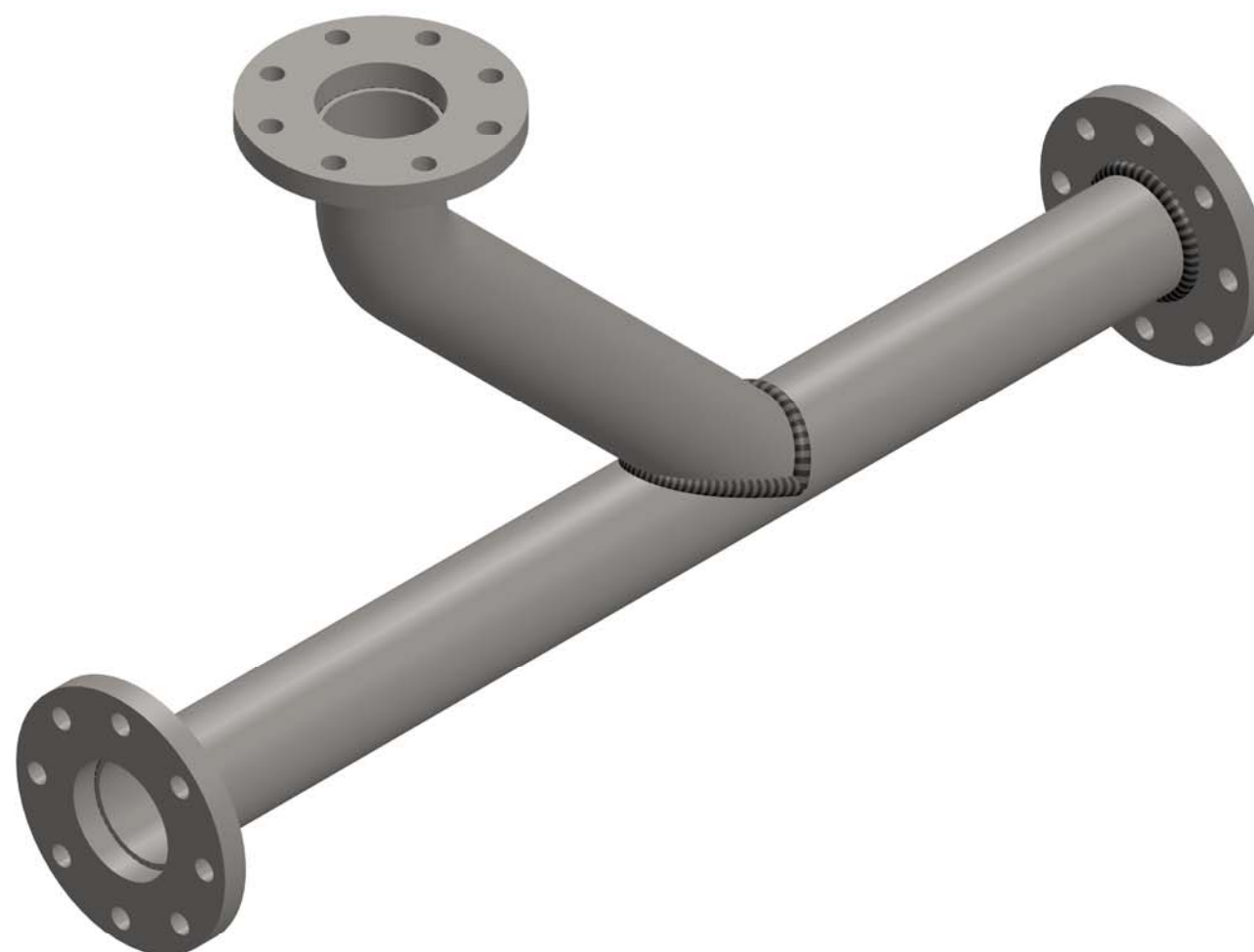
FIRMA:

PLANO Nº:

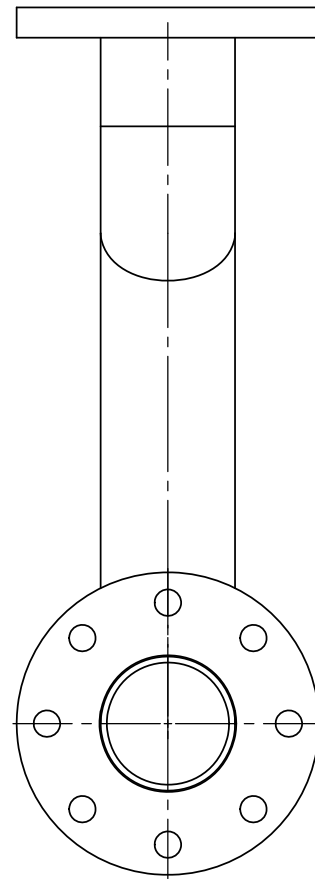
**5**



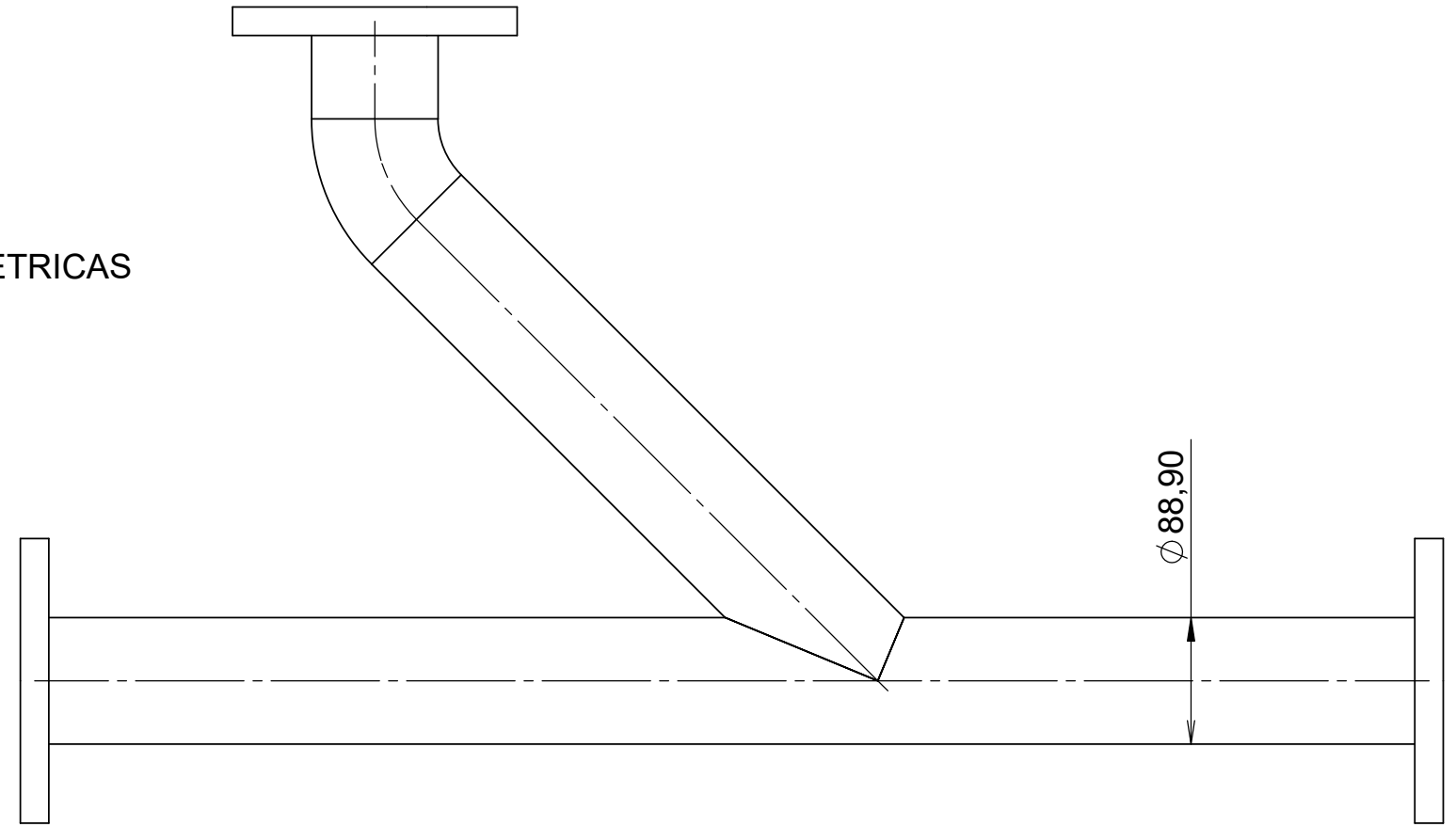
<b>E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS</b> <b>TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN</b>		TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO: <b>TFG/GTM/E- 11 -17</b>
TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO: <b>REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI</b>		
TÍTULO DO PLANO: <b>RESUMO DA INSTALACIÓN HIDRÁULICA REALIZADA</b>		DATA: <b>28/08/2017</b>
AUTOR: <b>ALBERTO CARRIL VIDAL</b>	FIRMA:	PLANO Nº: <b>6</b>



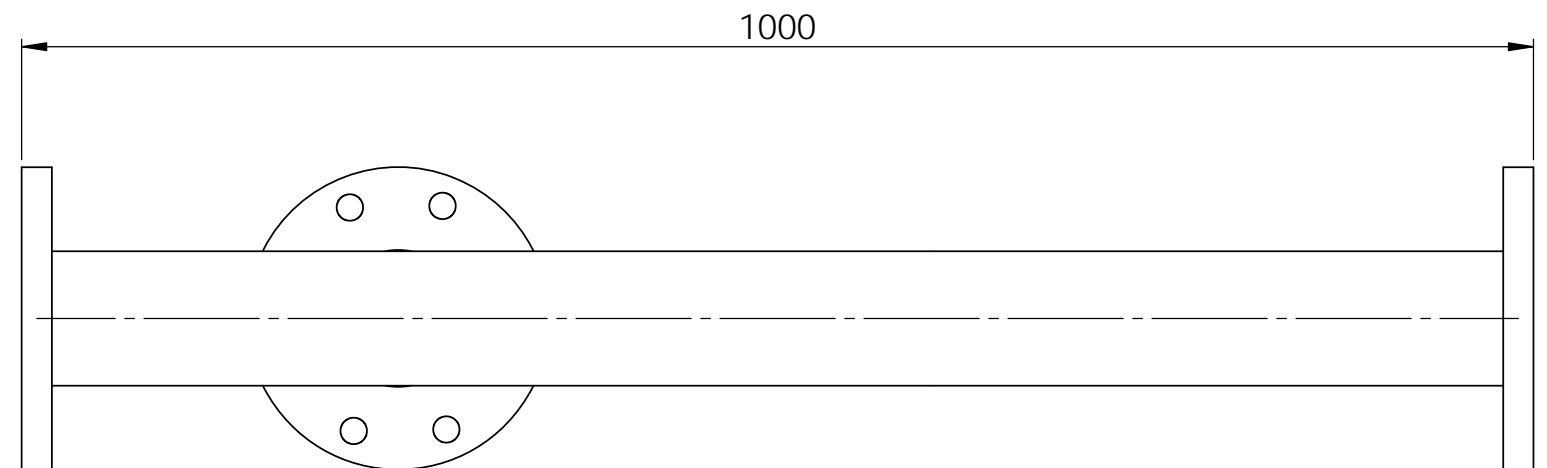
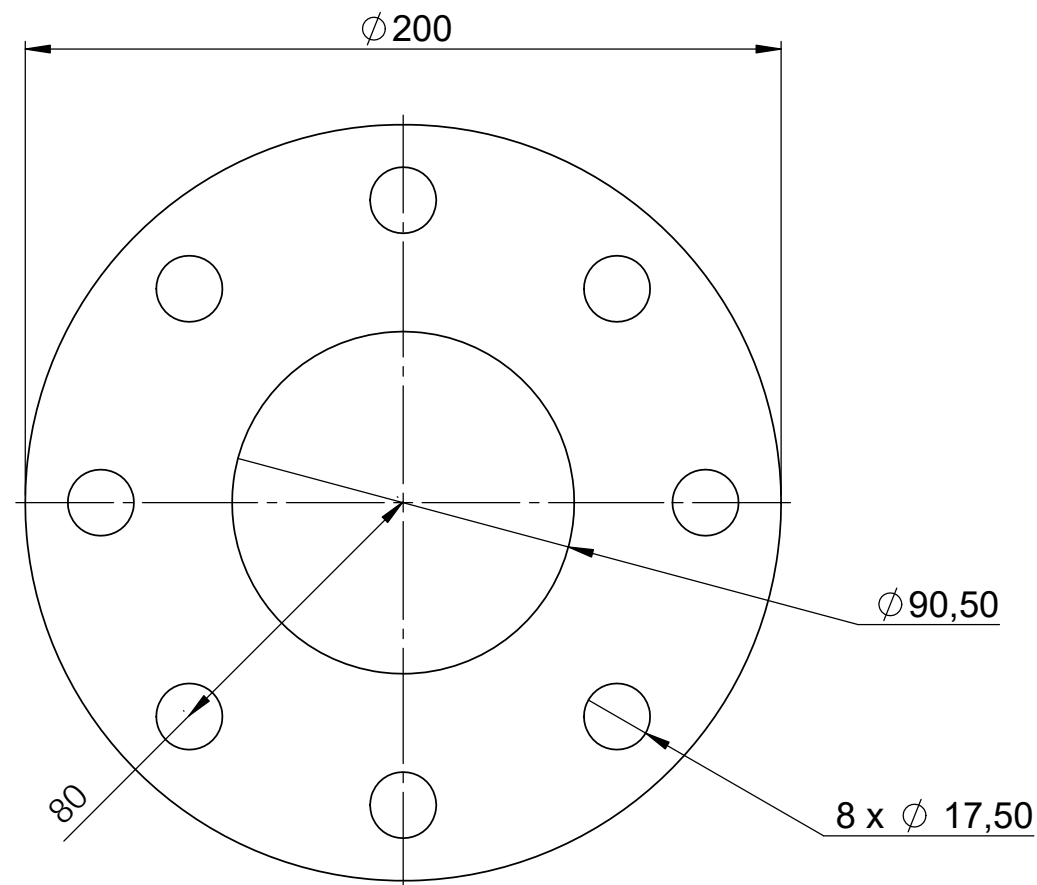
<b>E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS</b> <b>TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN</b>		<b>TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO:</b> <b>TFG/GTM/E- 11 -17</b>	
<b>TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO:</b> <b>REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI</b>			
<b>TÍTULO DO PLANO:</b> <b>BIFURCACIÓN - VISTA ISOMÉTRICA</b>		<b>FECHA:</b> 28/08/2017	
		<b>ESCALA:</b> 1:5	
<b>AUTOR:</b> <b>ALBERTO CARRIL VIDAL</b>	<b>FIRMA:</b>	<b>PLANO Nº:</b>	<b>7</b>



VISTAS AXONOMÉTRICAS  
ESCALA= 1:5



DETALLE= BRIDA  
ESCALA= 1:2



<b>E.T.S. DE NÁUTICA E MÁQUINAS</b> <b>TECNOLOXÍAS MARIÑAS - ENERXÍA E PROPULSIÓN</b>		TRABALLO FIN DE GRAO NÚMERO: <b>TFG/GTM/E- 11 -17</b>	
TÍTULO DO TRABALLO FIN DE GRAO: <b>REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI</b>			
TÍTULO DO PLANO: <b>BIFURCACIÓN - VISTAS E DETALLE</b>		FECHA: <b>28/08/2017</b>	
		ESCALA: <b>1:5</b>	
AUTOR: <b>ALBERTO CARRIL VIDAL</b>	FIRMA:	PLANO Nº: <b>8</b>	

# **“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

---

## **CÁLCULOS**

---



**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**  
**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR NÁUTICA E MÁQUINAS**

DATA: Setembro 2017

AUTOR: Alberto Carril Vidal

Fdo.: Alberto Carril Vidal



EES Ver.9.902: #2363: Departamento de enerxía e propulsión mariña - Universidade da Coruña

## BALANCE DE ENERXÍA DO EVAPORADOR ANTES DA MELLORA

A continuación procedemos a demostrar que o calor cedido no evaporador para un funcionamento óptimo é de 600kW, ao igual que nos mostra o manual

$$h1 = h \left[ \text{'Water'} ; T = 88 ; P = 4 \right]$$

$$h2 = h \left[ \text{'Water'} ; T = 73,3 ; P = 4 \right]$$

$$Q = 35 \cdot \frac{1000}{3600} \cdot [h1 - h2]$$

## CÁLCULO DE CAUDAL ÓPTIMO DE ENTRADA

Dado que o evaporador precisa dun aporte de calor de 600kW para funcionar correctamente, imos proceder a calcular o caudal óptimo de funcionamento para a nosa instalación hidráulica.

Este caudal dependerá da temperatura da entrada da auga de refrixeración que podemos visualizar no termómetro correspondente

Debemos regular o caudal mediante as válvulas de control, mentres visualizamos o valor que nos entrega o caudalímetro instalado na entrada de auga ao evaporador.

CASO 1: Análise do caudal necesario para unha temperatura da auga de entrada a 85°C

$$h1a = h \left[ \text{'Water'} ; T = 85 ; P = 2,5 \right]$$

$$h2a = h \left[ \text{'Water'} ; T = 71 ; P = 2,5 \right]$$

$$600 = Ca \cdot \frac{1000}{3600} \cdot [h1a - h2a]$$

CASO 2: Análise do caudal necesario para unha temperatura da auga de entrada a 80°C

$$h1b = h \left[ \text{'Water'} ; T = 80 ; P = 2,5 \right]$$

$$h2b = h \left[ \text{'Water'} ; T = 66 ; P = 2,5 \right]$$

$$600 = Cb \cdot \frac{1000}{3600} \cdot [h1b - h2b]$$

## CÁLCULO DA CANTIDADE DE ENERXÍA CEDIDA A ATMOSFERA POLOS GASES DE ESCAPE DOS MOTORES AUXILIARES

Para a realización deste cálculo, faremos unha aproximación a que o calor perdido polos gases de escape equivale ao 32% da potencia

Potencia dos dous motores de 7 cilindros

$$P1 = 2880$$

$$P4 = 2880$$

Potencia dos dous motores de 6 cilindros

$$P2 = 3360$$

$$P3 = 3360$$

Potencia total

$$Pt = P1 + P2 + P3 + P4$$

EES Ver.9.902: #2363: Departamento de enerxía e propulsión mariña - Universidade da Coruña

Calor perdida polo escape

$$Q_p = 0,32 \cdot P_t$$

SOLUTION

Unit Settings: [kJ]/[C]/[bar]/[kg]/[degrees]

$$C_a = 36,8 \text{ [kg/s]}$$

$$h_{1a} = 356,1 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{2a} = 297,4 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_2 = 3360 \text{ [kW]}$$

$$P_t = 12480 \text{ [kW]}$$

$$C_b = 36,83 \text{ [kg/s]}$$

$$h_{1b} = 335,1 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{2b} = 276,4 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_3 = 3360 \text{ [kW]}$$

$$Q = 599,4 \text{ [kW]}$$

$$h_1 = 368,8 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_2 = 307,1 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_1 = 2880 \text{ [kW]}$$

$$P_4 = 2880 \text{ [kW]}$$

$$Q_p = 3994 \text{ [kW]}$$



# **“REDESEÑO DUN XERADOR DE AUGA DOCE NUN BUQUE LNG DE PROPULSIÓN MEGI”**

---

## **ORZAMENTO**

---



**GRAO EN TECNOLOXÍAS MARIÑAS**  
**ENERXÍA E PROPULSIÓN**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR NÁUTICA E MÁQUINAS**

DATA: Setembro 2017

AUTOR: Alberto Carril Vidal

Fdo.: Alberto Carril Vidal



		Pág.: 1
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Instalación Hidráulica	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>01</b>	<b>Instalación Hidráulica</b>			
01.01 011	Sistema de Tubaxe	1,00	2.399,62 €	2.399,62 €
01.02 012	Elementos Hidráulicos	1,00	1.967,20 €	1.967,20 €
	<b>Total Capítulo 01</b>	.....	.....	<b>4.366,82 €</b>

		Pág.: 2
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Caldeiraría e Ensamblaxe	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>02</b>	<b>Caldeiraría e Ensamblaxe</b>			
02.01 000001	Ensamblaxe da instalación	64,00	12,69 €	812,16 €
02.02 000002	Traballos de soldadura	10,00	35,80 €	358,00 €
	<b>Total Capítulo 02</b>	.....		<b>1.170,16 €</b>

			Pág.: 3
	PRESUPUESTO		Ref.: propre1
	Pintura		Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
<b>03</b>	<b>Pintura</b>			
03.01 0000001	Imprimado da instalación	1,00	284,90 €	284,90 €
03.02 0000002	Pintado da instalación	1,00	313,33 €	313,33 €
	<b>Total Capítulo 03</b>	.....		<b>598,23 €</b>
	<b>Total Presupuesto</b>	.....		<b>6.135,21 €</b>

Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
01	Instalación Hidráulica	
011	Sistema de Tubaxe  DOS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS	2.399,62
012	Elementos Hidráulicos  MIL NOVECIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS	1.967,20

Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
02	Caldeiraría e Ensamblaxe	
000001	Ensamblaxe da instalación  DOCE EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	12,69
000002	Traballos de soldadura  TREINTA Y CINCO EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS	35,80

Código	Descripción de las unidades de obra	Precio
03	Pintura	
0000001	Imprimado da instalación  DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS	284,90
0000002	Pintado da instalación  TRESCIENTOS TRECE EUROS CON TREINTA Y TRES CÉNTIMOS	313,33



			Pág.: 1
	CUADRO DE PRECIOS Nº 2		Ref.: procdp2a
			Fec.:

Nº Orden	Nº Actividad	Código	Descripción de las unidades de obra		Rendimiento	Precio	Importe
1		0000001	Imprimado da instalación				
		0000000001	Pintor		4,000	30,00	120,00
		0000000002	Equipo de pintor		3,000	1,80	5,40
		0000000003	Imprimación para aceros		12,000	12,60	151,20
		%CI	%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	276,60	8,30
			Clase: Mano de Obra				120,00
			Clase: Maquinaria				5,40
			Clase: Material				151,20
			Clase: Medio auxiliar				8,30
			Coste Total				284,90
2		0000002	Pintado da instalación				
		0000000001	Pintor		4,000	30,00	120,00
		0000000002	Equipo de pintor		3,000	1,80	5,40
		0000000004	Pintura para aceros		12,000	14,90	178,80
		%CI	%	Costes indirectos..(s/total)	0,030	304,20	9,13
			Clase: Mano de Obra				120,00
			Clase: Maquinaria				5,40
			Clase: Material				178,80
			Clase: Medio auxiliar				9,13
			Coste Total				313,33
3		000001	Ensamblaxe da instalación				
		U01AA501	Hr	Cuadrilla A	0,250	37,43	9,36
		U01FV001	Hr	Equipo de montaxe	0,100	33,28	3,33
			Clase: Mano de Obra				12,69
			Coste Total				12,69
4		000002	Traballos de soldadura				
			Coste Total				35,80
5		011	Sistema de Tubaxe				
		U33EA013	MI	Tubo de Aceiro DN80 (Din 2440) JIS-G3453	50,000	39,93	1.996,50
		0111		Brida de Aceiro DN80 (Din 2576) JIS-G3453	24,000	6,45	154,80
		0112		Cóbado de Aceiro DN80 (Din 2605) JIS-G3454	8,000	8,75	70,00
		0113		Parafusos e Porcas de aceiro (M16)	200,000	0,45	90,00
		0114		Xunta para unión en brida DN80 Din 2576	24,000	3,68	88,32
			Clase: Material				2.399,62
			Coste Total				2.399,62
6		012	Elementos Hidráulicos				
		0121		Válvula de 3 vías - Ornibox 3V	2,000	371,95	743,90
		0122		Válvula de Non-Retorno - New Flow SC1 series	3,000	128,12	384,36
		0123		Válvula de Reguladora de Caudal - Ebro Armaturen M015A	3,000	174,75	524,25
		0124		Reloxo indicador de Temperatura - Omega BB series	2,000	43,90	87,80
		0125		Caudalímetro Electromagnético - ABB FSM4000	1,000	226,89	226,89
			Clase: Material				1.967,20
			Coste Total				1.967,20

			Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS		Ref.: prores2
			Fec.:

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe
01	01	Instalación Hidráulica	4.366,82
02	02	Caldeiraría e Ensamblaxe	1.170,16
03	03	Pintura	598,23

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ..... 6.135,21**

13% Gastos Generales ..... 797,58

6% Beneficio Industrial ..... 368,11

**PRESUPUESTO BRUTO ..... 7.300,90**

21% I.V.A. .... 1.533,19

**PRESUPUESTO LIQUIDO ..... 8.834,09**

Suma el presente presupuesto la cantidad de:

OCHO MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y CUATRO EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS